



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VALTTERI PÄIVÄ
RAKENTAMISPROSESSIN STATUSTIEDON HALLINTA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Koulutusvaradekaanin päätöksellä 29. toukokuuta 2017

TIIVISTELMÄ

VALTTERI PÄIVÄ: Rakentamisprosessin statustiedon hallinta

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 95 sivua, 4 liitesivua

Heinäkuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: statustieto, toimitusketjun hallinta, pilvipalvelu, BIM

Hukan poistaminen ja toiminnan tehostaminen ovat keskeisiä tavoitteita rakentamisessa. Yksi tapa tehostaa toimintaa on parantaa toimitusketjun osapuolten välistä tiedonvaihtoa. Sitä varten on kehitetty uusi statustyökalu, jonka käyttöä tässä tutkimuksessa pilotoitiin. Statustietojen vaihtaminen toteutettiin Trimble Connect -pilvipalvelun avulla ja sitä testattiin kolmessa rakennusprojektissa. Työn tavoitteena oli tutkia statustietoa sekä kerätä kokemuksia statustietojen vaihtamisesta hankkeen osapuolten välillä.

Työ eteni kirjallisuustutkimuksesta ohjelman pilotointiin todellisissa rakennushankkeissa. Pilotoinnin osapuolille suoritettiin haastatteluja sekä heidän toimintaansa havainnoitiin koko tutkimuksen suorittamisen ajan statustyökalun välityksellä. Kirjallisuustutkimuksessa tutkittiin yleisesti statustietoa rakentamisprosessin toimitusketjussa. Lisäksi haastattelujen ja havaintojen avulla selvitettiin, millainen statustietojen päivitystoiminto on käytännössä sekä statustyökalun mahdollistamat hyödyt ja sen kehitystarpeet.

Tärkeimpiä statustyökalun mahdollistamia hyötyjä olivat kommunikoinnin paraneminen, riskien ennakoiminen, toimitusketjun varmuuden lisääntyminen sekä toimitusketjun tilanteen visualisointi. Muita saavutettavia hyötyjä olivat muutostilanteiden hallinnan ja toimitusketjun läpinäkyvyyden paraneminen, tiedon jakamisen helpottuminen sekä käytännön työn muuttuminen selkeämmäksi. Statustyökalun käyttö tulee myös muuttamaan osapuolten toimintaa, jonka seurauksena joitakin vanhoja toimenpiteitä jää kokonaan tai osittain tarpeettomiksi.

Merkittävimpiä kehitysehdotuksia statustyökaluun olivat elementtitunnuslistan lisääminen mobiiliversioon, elementtitunnusten kopioiminen ohjelmasta, projektin etenemisen seuraamiseen tarkoitettu ympyräkaavio sekä uudenlainen tasopiirustusten kaltainen visuaalinen esitys vallitsevasta tilanteesta. Lisäksi pidemmällä tähtäimellä statustyökaluun tulisi kehittää automatisointia, ominaisuus elementtien tilaamiseksi ohjelman kautta sekä aikataulutietoa palvelevia ominaisuuksia, kuten statustietojen vertaaminen tavoite-aikatietoihin ja automaattiset ilmoitukset mahdollisista viivästymisistä.

Oman haasteensa ohjelman pilotoinnissa aiheutti tarvittavien osapuolten sitouttaminen ohjelman testaukseen. Statustyökalun käytössä ehkä kaikista tärkein asia onkin osapuolten sitouttaminen statustietojen aktiiviseen päivittämiseen. Pilotoinneissa osapuolet eivät vielä kokeneet saavansa hyötyä statustyökalun käytöstä. Yksi syy siihen oli juuri se, että kaikki tarvittavat osapuolet eivät käyttäneet ohjelmaa. Toinen syy oli, että haastattelutavat kokivat statustyökalusta puuttuvan joitakin merkittäviä ominaisuuksia. Tämän tutkimuksen tietojen pohjalta statustyökalua voidaan kuitenkin kehittää käyttäjien toimimaan suuntaan.

ABSTRACT

VALTTERI PÄIVÄ: Status information management in the construction process
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 95 pages, 4 Appendix pages
July 2017
Master's Degree Programme in Civil Engineering
Major: Construction Production
Examiner: Professor Kalle Kähkönen

Keywords: status information, supply chain management, cloud service, BIM

Removing waste and streamlining operations are key goals in building. One way to improve efficiency is to improve information exchange between supply chain parties. To this end, a new status tool has been developed, the use of which was piloted in this study. The exchange of status information was carried out using Trimble Connect cloud service and tested in three building projects. The aim of the thesis was to study status information and to gather experiences in exchanging status information between the project partners.

The work proceeded from a literature study to piloting the program in real building projects. The pilot parties were interviewed and their activities were observed during the entire time of the research through the status tool. In the literature study, status information was studied in general in the supply chain of the construction process. In addition, interviews and observations were used to find out what the status updating function is in practice, as well as the benefits of the status tool and its development needs.

The most important benefits of the status tool were improved communication, anticipation of risks, increased reliability of supply chain, and visualization of the supply chain situation. Other benefits were improved change management and transparency in the supply chain, facilitating the sharing of information, and making the practical work more clear. The use of status tool will also change the activities of the parties, as a result of which some old actions are completely or partially unnecessary.

The most significant development suggestions for the status tool were adding an element ID list to the mobile version, copying element IDs from the program, a pie chart for monitoring the progress of the project, and a new kind of layout-like presentation of the prevailing situation. Additionally, in the longer run, automation, a feature for ordering elements through the program, and features for serving scheduling information such as comparing status information with target time information and automatic notifications of possible delays should be developed to the status tool.

Own challenge in piloting the program caused the commitment of the necessary parties to test the program. The most important thing about using the status tool is probably the parties' commitment to the active updating of the status information. In the pilot projects, the parties were not yet able to benefit from the use of the status tool. One reason for that was that all the necessary partners did not use the program. Another reason was that the interviewees experienced a lack of some significant features in the status tool. However, based on this research data, the status tool can be developed to the desired direction of users.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan koulutusohjelman diplomi-insinöörin tutkintoa varten. Diplomityön tilaajana toimi Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Tutkimus laadittiin osana DRUMBEAT-projektia, jonka tarkoituksena oli kehittää Web of Data -konseptia ja ohjelmistoa tietomallien tiedon julkaisemiseen ja linkittämiseen verkossa. Muita kyseiseen projektiin ja tähän tutkimukseen osallistuneita osapuolia olivat Trimble Solutions Oy, Skanska Oy, Parma Oy ja A-Insinöörit Oy.

Kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille henkilöille, etenkin diplomityön tarkastajalle professori Kalle Kähköselle sekä Markku Kiviniemelle, joka ohjasi ja auttoi tutkimuksen tekemisessä. Kiitokset myös kaikille tutuilleni, jotka ovat vapaa-aikana tarjonneet minulle muutakin aktiviteettia ja ajateltavaa.

Erityiset kiitokset vielä TTY:n opiskelijaravintoloille, joiden palveluja käytin diplomityön suorittamisen aikana usein kaksikin kertaa päivässä.

Tampereella, 21.7.2017

Valtteri Päivä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.3	Tutkimuksen rajaukset	4
1.4	Tutkimuksen rakenne.....	5
2.	STATUSTIETO JA SEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENTAMISPROJEKTISSA	6
2.1	Statustietojen jakaminen rakennushankkeissa	6
2.1.1	Perinteinen tapa jakaa statustietoja	6
2.1.2	Tutkimukset toimitusketjun hallinnan parantamiseksi rakentamisprojektissa.....	7
2.1.3	Kehitysnäkymät	14
2.2	Statustieto tietomallihankkeessa.....	15
2.2.1	Yleistä tietomalleista	15
2.2.2	Tietomallien hyödyntäminen rakentamisprojekteissa.....	17
2.3	Toimitusketju rakentamisprosessissa.....	20
2.3.1	Toimitusketjun rakenne.....	20
2.3.2	Toimitusketjun hallinta	24
2.4	Lean -filosofia	26
2.4.1	Historia	27
2.4.2	Periaatteet	28
2.4.3	Lean Construction menetelmät ja työkalut.....	33
3.	STATUSSEURANNAN OHJELMISTORATKAISUT	37
3.1	Nykyisiä ohjelmistoja ja ratkaisuja.....	37
3.2	Testatun järjestelmän yleiskuvaus	38
3.3	Trimble Connect	39
3.4	Status Sharing -työkalu	40
4.	TUTKIMUKSEN SUORITUS	45
4.1	Tutkimusmenetelmät	45
4.2	Pilottikohteet	45
4.3	Haastatteluiden suorittaminen	48
4.4	Aineiston käsittely ja analysointi.....	49
5.	HAASTATTELUIDEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	50
5.1	Ohjelman käyttöönotto ja käyttäminen.....	50
5.2	Statuspäivitysten tekeminen.....	52
5.3	Statustietojen seuraaminen.....	56
5.4	Statustenhallinta osana työmaan tuotannonohjausta	60
5.5	Statustyökalun mahdollistamat hyödyt	62
5.6	Ongelmakohdat.....	65
5.7	Kehitysehdotukset statustyökaluun	68

5.8	Statustyökalun soveltuvuus ja yhteiset toimintatavat	72
6.	IDEAALINEN TOIMITUSKETJUN TILANNEKUVA	74
6.1	Tärkeimmät statustiedot eri osapuolille	74
6.2	Ajantasaisen tilannekuvan muodostaminen Trimble Connectin avulla.....	77
6.3	Lean tarkastelu	81
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET	85
7.1	Kokonaisarviointi	85
7.2	Tulosten merkityksellisyys.....	87
7.3	Työn luotettavuus	88
7.4	Jatkotutkimusehdotukset	89
	LÄHTEET	90

LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET SUUNNITTELIJOILLE JA TYÖMAILLE

LIITE 2: HAASTATTELUKYSYMYKSET ELEMENTTITOIMITTAJALLE

LYHENTEET JA MERKINNÄT

BIM	engl. Building Information Modeling, tietomallinnus
ERP	engl. Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
ESB	engl. Enterprise Service Bus, liikepalveluväylä
GIS	engl. Geographic Information System, paikkatietojärjestelmä
GPS	engl. Global Positioning System, maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä
GUID	engl. Globally Unique Identifier, objektien tunnistamiseen käytettävä ominaisuus tietomalleissa
IFC	engl. Industry Foundation Classes, avoimen tietomallinnuksen tiedostomuoto
JIT	engl. Just-in-time, tuotannon oikea-aikaisuuteen pyrkiminen
LPDS	engl. Lean Project Delivery System, Leanin mukainen projektin toimituksen hallintamenetelmä
PDCA -sykli	engl. plan, do, check, act; suunnittele, toteuta, tarkista ja toimi
QR-koodi	engl. Quick Response, ruutukoodi, joka on viivakoodin kaltainen, mutta sisältää tietoa kahdessa suunnassa
RFID	engl. Radio Frequency IDentification, radiotaajuinen etätunnistus
TC	engl. Trimble Connect, Trimblen kehittämä pilvipalvelu
TCC	engl. Trimble Connected Community, Trimblen kehittämä pilvipalvelu
TFV -teoria	engl. transformation/flow/value, muutos/virtaus/arvo
TPS	engl. Toyota Production System, Toyotan tuotantokonsepti
VDC	engl. Virtual Design and Construction, tapa toimia tietomallinnusta hyödyntävissä projekteissa

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Resurssitehokkuus on nykypäivää rakentamisessa. Resurssitehokkuudella tarkoitetaan erilaisten resurssien optimaalista käyttöä. Resursseja ovat esimerkiksi työvoima, materiaalit, aika ja raha. Tehostaakseen toimintaa rakennusprosesseissa on pyrittävä karsimaan ylimääräinen hukka pois. Kaikki, mikä kuluttaa resursseja, muttei tuota asiakkaalle lisää arvoa, on hukkaa (Forbes & Ahmed 2010). Hukan poistaminen tuotannosta tehokkuuden parantamiseksi on yksi Lean -ajattelun peruskäsitteistä. Rakennusprosesseissa syntyy erittäin paljon hukkaa. Työmaalla vain 10 % toiminnasta on asiakkaalle arvoa tuottavaa, 20-25 % on arvoa tuottamatonta, mutta pakollista ja 50-75 % on arvoa tuottamatonta, eli siis hukkaa (Diekman et al. 2004). Lean -työkalujen avulla rakennusprosessista on kuitenkin mahdollista saada huomattavasti tehokkaampi ja samalla karsittua siitä hukkaa pois (Hosseini et al. 2012).

Toiminnan tehostamiselle on tarvetta, koska rakentamisen tuottavuus ei ole merkittävästi parantunut viime vuosikymmeninä. Rakentamisessa tulisi keskittyä oleellisesti parantamaan eri osapuolten välistä yhteistoimintaa, koska siinä on suurin potentiaali tuottavuuden parantamiseen. (Koskenvesa 2010) Yhteistoiminnan kehitys on muutenkin tärkeää, koska rakentaminen on erittäin kompleksinen prosessi. Rakentamisprosessissa on tyypillisesti mukana useita eri osapuolia, kuten pääurakoitsija, aliurakoitsijat, suunnittelijat, elementti- ja muut materiaalitoimittajat, asiakas, viranomaiset sekä mahdolliset konsultit. Osapuolten suuri määrä hankaloittaa hankkeen toteutusta. Yksi syy tähän on, että tieto ei kulje saumattomasti osapuolten välillä. Kommunikointi on erittäin tärkeää rakennushankkeen onnistuneessa läpiviennissä ja perimmäisin syy turhaan työhön onkin esitetty johtuvan rakennusosalalla huonosta kommunikaatiosta.

Tuottavuuden parantamiseksi on pyritty kehittämään uusia tapoja välittää informaatiota tietotekniikkaa hyväksi käyttäen. Tietotekniikkaa on käytetty apuna rakennusosalalla jo pitkään. Siitä on saatu apua esimerkiksi piirustusten tekemiseen, aikataulujen laatimiseen sekä määrä- ja kustannuslaskennan suorittamiseen. Suomessa tietomallien käyttö rakennustyömailla on yleistymässä ja leviämässä koko rakennusprojektin kattavaksi (Jylhä 2012). Nykyään työmaalla ei tarvitse aina kävellä työmaatoimistolle asti katsomaan piirustuksia, vaan tarvittavat suunnitelmat voidaan nopeasti katsoa mobiililaitteilla tai erillisestä työmaalla olevasta tietomallikioskista (Tompuri 2015). Tietomallien hyödyntäminen työmaalla parantaa tuottavuutta, koska tietomallin avulla on helppo havainnollistaa kohdetta, tarkastella sitä eri suunnista, katsoa piirustuksia ja asennuskuvia sekä

saada tietoa rakennusosista. Lisäksi aikaa säästyy, koska työmaatoimistolle saattaa olla useiden minuuttien kävelymatka.

Nykyään tietomallien avulla pyritään vaihtamaan myös rakennusosien statustietoja. Statustieto käsitteenä kuvaa rakennusosan valmiusastetta tai jonkin toimitusketjussa esiintyvän toiminnon senhetkistä tilaa. Statustietoja voidaan kirjata jokaisesta rakennusosasta useita. Esimerkiksi betonielementillä voi olla statustoimintoja: suunnittelu, valu, varastointi, toimitus ja asennus. Näitä statustoimintoja on mahdollista kirjata useita erilaisia aina kohteesta ja tarpeista riippuen. Jokaiselle statustoiminnoille puolestaan voidaan antaa statusarvoja, jotka kuvaavat tarkemmin rakennusosan senhetkistä tilaa. Statusarvot voivat olla esimerkiksi aloitettu, keskeytetty ja valmis.

Tavallisesti rakennusprojekteissa statustietoja merkitään dokumenttipohjaisesti kirjaimella tietoja paperille (Ikonen et al. 2013). Statustietojen päivitys ei perinteisesti ole tapahtunut reaaliajassa, jonka vuoksi tieto on usein ollut vanhentunutta jo saavuttaessaan toisen osapuolen. Perinteinen tapa statustietojen vaihtamiseen osapuolten välillä on ollut sähköpostiviestit, puhelut ja suunnittelukokouksissa keskustelu. (Nissilä 2013)

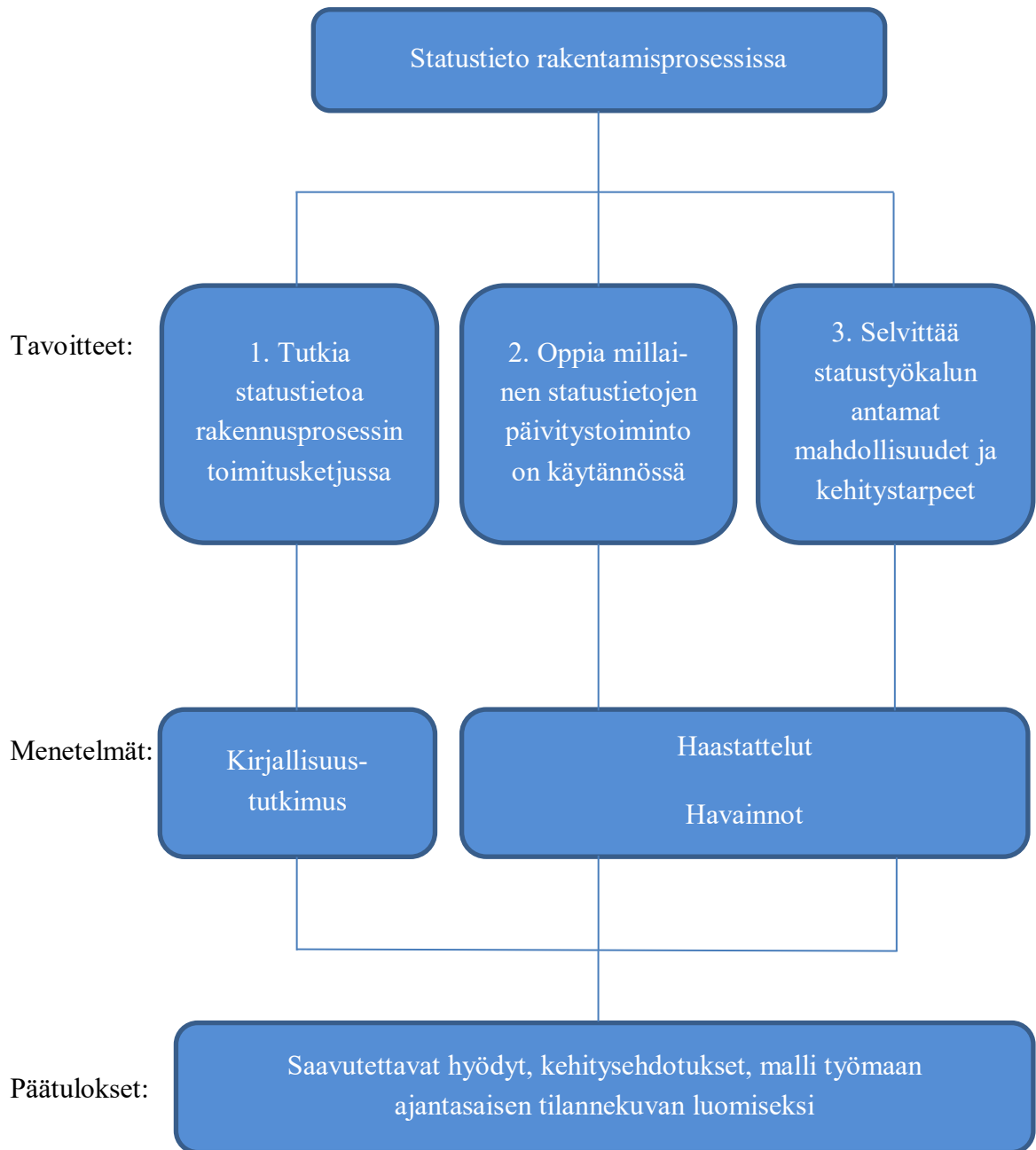
Toistaiseksi ei ole onnistuttu luomaan toimivaa ja ajantasaista automatisoitua statustietojen vaihdannan järjestelmää, joka olisi otettu laajalti käyttöön. Tarve statustietojen vaihtamisen kehittämiseen on, jotta rakentamisprosessista saadaan tehtyä nykyistä tehokkaampi. Statustietojen ajantasaisella päivittämisellä on mahdollista saada karsittua toimitusketjussa esiintyvää hukkaa. Perinteisessä tavassa jakaa tietoja on huomattu olevan useita hukkaa aiheuttavia ongelmia. Näitä ongelmia ovat olleet useaan kertaan tehtävä työ, reaaliaikaisen tiedon puute ja sekaannukset tiedoissa (Kimoto et al. 2005, Lin et al. 2007, Leskinen 2008). Reaaliaikaisten statustietojen uskotaan parantavan aikataulun hallintaa, vähentävän moneen kertaan tehtävää työtä ja siten säästävän aikaa.

Tässä tutkimuksessa seurataan pilottikohteiden statustietojen päivitystä. Pilottikohteissa on käytössä Status Sharing -työkalu, joka on osa Trimble Connect (TC) -ohjelmistoa. Ohjelmiston avulla toimitusketjun osapuolet pystyvät reaaliajassa päivittämään statustietoja pilvipalveluun, missä ne ovat hankkeen osapuolten nähtävillä. Tutkimuksen tarkoitus on kerätä käyttäjäkokemuksia ja tietoa uuden Status Sharing -työkalun käytöstä ja luoda tulosten pohjalta kehitys- ja soveltamishdotuksia. Lisäksi tutkimuksessa pyritään luomaan tapa työmaan ajantasaisen tilannekuvan saavuttamiseksi toimitusketjun digitaalisten statustietojen pohjalta.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on kerätä ymmärrystä ja tietoa statustiedosta, reaaliaikaisten statustietojen päivitystoiminnosta rakennusprosessin toimitusketjussa sekä käyttäjäkokemuksia pilottikohteissa olevan statustyökalun käytöstä. Käyttäjäkokemusten keräämisessä merkittävimpinä tavoitteina on selvittää, mitä hyötyjä ja mahdollisuuksia status-

työkalu luo toimitusketjun hallintaan sekä, mitä kehittämisen kohteita ohjelmassa on. Tutkimuksen avulla pyritään luomaan ajantasainen tilannekuva työmaan ja toimitusketjun vaiheista sekä saamaan tietoa siitä, miten ohjelman käyttö on onnistunut pilottikohteissa. Kuvassa 1.1 on esitetty tutkimuksen tavoitteet, menetelmät ja päätulokset.



Kuva 1.1. Tutkimuksen tavoitteet, menetelmät ja päätulokset

Tilannekuvalla tässä tutkimuksessa tarkoitetaan toimitusketjun eri osapuolille muodostuvaa käsitystä toimitusketjun tilanteesta. Yksittäisen elementin tapauksessa se voi tarkoittaa sitä, että kyseinen elementti on esimerkiksi suunniteltu, valmistettu, toimitettu tai asennettu. Tässä tutkimuksessa tilannekuvan muodostamista on pyritty helpottamaan

statuspäivitysten avulla. Tilannekuva voidaan pilotoidun ohjelman avulla esittää kerrallaan jostain tietyistä toimenpiteistä, kuten asennuksesta, tai sitten useammasta toimenpiteestä, jolloin on helpompi muodostaa kokonaiskäsitys toimitusketjun tilanteesta. Tilannekuvan muodostamisella sen sijaan tässä tutkimuksessa tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, joita rakennusprosessin osapuolten tarvitsee tehdä, ja kaikkia niitä ominaisuuksia, joita ohjelman tulee sisältää, jotta reaaliaikaisen ja realistisen käsityksen toimitusketjun tilanteesta pystyy muodostamaan.

Statustieto aiheena on tutkimisen arvoinen, koska tällä hetkellä koetaan, että tietoa ei kulje tarpeeksi rakennusprosessissa osapuolten välillä, ja silloin kun tietoa liikkuu, on se usein jo vanhentunutta. Tiedonvaihto tapahtuu perinteisesti manuaalisesti puhelimen ja sähköpostin välityksellä ja kommunikointi jää kahden henkilön väliseksi. Tästä syystä yhteyksiä tarvitaan paljon, mikä aiheuttaa resurssihukkaa. Työmaa hyötyy siitä, että se pystyy lähes reaaliajassa näkemään eri osapuolten statustietoja. Tällöin työmaa pystyy reagoimaan nopeammin tuotannon ongelmiin ja vaikuttamaan mahdollisiin aikataulu-muutoksiin paremmin. Moneen kertaan tehtävän työn määrä vähenee, kun tiedonkulku saadaan paremmaksi toimitusketjussa.

Tutkimalla statustietojen päivitystä ja osapuolten välistä yhteistoimintaa on rakennusprosessista mahdollista saada tehokkaampi ja helpommin ohjattava. Tällä tavoin saadaan säästettyä resursseja rakennusprosessin tietyistä työvaiheista ja sitä kautta pienennettyä kustannuksia. Lisäksi pilottikohteiden seuranta ja tulosten dokumentointi on tärkeää, jotta tällainen uusi ohjelma olisi mahdollista myöhemmin ottaa laajemminkin käyttöön. Uusien ohjelmien lanseeraaminen isoille markkinoille on kallista ja työlästä. Tutkimustyön tekeminen uuden ohjelman käytöstä on tärkeää, jotta ohjelmaa voidaan kehittää toivottuun suuntaan. Siten ohjelmalla on edellytyksiä menestyä myös tulevaisuudessa.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Yhteistoiminta on avainasemassa, kun puhutaan statustietojen vaihtamisesta rakentamisprosessin osapuolten välillä. Rakentamisprosessissa osapuolia on usein lukuisia ja tietoa siirtyy valtava määrä osapuolten kesken. Rakentamisessa toimitusketju voi olla hyvin laaja ja siksi tämä tutkimus on rajattu toimitusketjun osalta koskemaan vain pääurakoitsijaa sekä elementtisuunnittelijoita ja -toimittajia. Myös ajallisesti rakennushankkeesta rajataan tutkimukseen kuuluvaksi vain se ajanjakso kun statustietoja jaetaan työmaan, suunnittelijoiden ja elementtitehtaiden välillä.

Tutkimuksen aihepiiri liittyy oleellisesti Leaniin ja siihen, kuinka tuotannosta saadaan tehtyä mahdollisimman tehokas. Rakennustuotannossa on paljon hukkaa aiheuttavia toimintoja, mutta tämä tutkimus rajataan silti Lean -filosofian soveltamisessa koskemaan vain rakentamisprosessin statustietojen vaihtamiseen liittyviä toimintoja.

Tässä tutkimuksessa kerrotaan millaista järjestelmää pilottikohteissa statustietojen vaihtamisessa käytetään, mutta tutkimuksen tarkoitus ei kuitenkaan ole ottaa kantaa tietoteknisiin ratkaisuihin. Tutkimuksen ulkopuolelle jätetään siis tarkastelut, joissa tutkitaan, missä muodossa tiedon tulisi kulkea verkossa tai, miten verkon infrastruktuuri tulisi rakentaa.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimusraportti koostuu seitsemästä luvusta. Ensimmäinen luku on johdanto, ja siinä kerrotaan tutkimuksen tausta, tavoitteet, rajaukset sekä tutkimuksen rakenne. Toisessa luvussa käsitellään teoreettista taustaa aihepiiriin liittyen. Kyseisessä luvussa esitellään perinteinen tapa statustietojen vaihtamiseen, aikaisempia tutkimuksia statustietojen vaihtamisesta sekä statustietojen vaihtamisen kehitysnäkymiä. Lisäksi luvussa kerrotaan tietomalleista ja niiden käyttämisestä työmailla, käsitellään rakennusprosessin toimitusketjua ja sen vaiheita sekä kerrotaan Lean -filosofian periaatteista.

Kolmannessa luvussa kerrotaan erilaisista statustietoihin liittyvistä ohjelmistoista ja esitellään pilottihankkeissa käytössä ollut Trimble Connect -ohjelmisto ja siinä mukana oleva Status Sharing -työkalu. Neljäs luku käsittää tutkimuksen suorittamisen. Luvun tarkoitus on tuoda ilmi tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja kertoa, miten aineisto on kerätty ja kuinka sitä on analysoitu. Luvussa kerrotaan myös yleistä tietoa pilottikohteista.

Tutkimustulosten käsittely alkaa viidennessä luvussa. Viidenteen lukuun on koottu haastattelujen tulokset ja niiden tarkastelu teemoittain. Kuudennessa luvussa haastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen pohjalta tarkastellaan ideaalisen toimitusketjun tilannekuvan muodostamista ja tarkastellaan statustietoihin liittyviä prosesseja Lean -filosofian näkökulmasta. Viimeisenä osiona tutkimuksessa on johtopäätökset luvussa seitsemän. Kyseisessä luvussa pohditaan tutkimuksen kokonaisarviointia, tulosten merkityksellisyyttä, työn luotettavuutta ja esitetään jatkotutkimusehdotuksia.

2. STATUSTIETO JA SEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENTAMISPROJEKTISSA

2.1 Statustietojen jakaminen rakennushankkeissa

2.1.1 Perinteinen tapa jakaa statustietoja

Statustiedolle ei ole olemassa täysin tarkkaa ja yleistä määritelmää. Tehdastuotannossa statustieto tavallisesti ymmärretään valmistettavan tuotteen valmiusastetta kuvaavana tietona. Esimerkiksi elementtisuunnittelun mallinnusohjeessa statustieto liitetään valmiusasteeseen sekä päivämäärään, jolloin kyseinen valmiusaste on saavutettu (BEC 2012). Statustieto voidaan ymmärtää yhtä hyvin myös rakennusosan tai toiminnon sen hetkistä tilaa kuvaavana tietona. Tätä tietoa voidaan käyttää esimerkiksi toimitusketjun osapuolten välisessä tiedonvaihdossa, jossa tarkka, esimerkiksi prosentteina ilmoitettu, valmiusaste ei välttämättä ole niin tärkeä tieto.

Rakennushankkeissa statustietoja käytetään projektin toteumatilanteen seurantaan. Statustietoja ei tule kuitenkaan täysin sekoittaa projektin aikataulun valvontaan. Aikataulun valvonta käsittelee työtehtäviä, kun statustiedot puolestaan tässä tutkimuksessa ilmaisevat vain yksittäisten rakennusosien tilannetta. Aikataulun valvonnassa seurattavat tehtävät ovat siis selkeästi isompia kokonaisuuksia, kuin statustiedoilla ilmoitettavat toteumat. Rakennusosien statustiedot ovat kuitenkin avuksi myös aikataulun valvonnassa, koska vertaamalla toteutuneita statusarvoja suunniteltuun tilanteeseen voidaan havaita ovatko työt aikataulussa vai jäljessä aikataulusta.

Tavallisesti rakennusprojekteissa statustietoja merkitään työmaalla dokumenttipohjaisesti kirjaamalla tietoja paperille. Työntekijät keräävät tietoa päivän aikana ja palauttavat työvuoron päätteeksi kerätyn tiedon projektipäällikölle. Perinteinen tapa statustietojen jakamiseen osapuolten välillä puolestaan on ollut sähköpostiviestit, puhelut ja tekstiviestit. Perinteiset tavat on kuitenkin koettu tehottomiksi ja aikaa vieviksi. (Ikonen et al. 2013) Tehotonta kommunikoinnista tekee se, että kommunikointia tapahtuu tavallisesti vain kahden henkilön välillä kerrallaan. Tämä johtaa siihen, että yhteyksiä tarvitaan paljon, mikä puolestaan aiheuttaa resurssihukkaa.

Perinteisessä statustietojen jakamisessa rakennusosien jäljitettävyyys toimitusketjussa on ollut huonoa. Työmaalla ei välttämättä ole tarkkaa tietoa varastoiduista rakennusosista. Työmaalla raportit laaditaan manuaalisesti ja kirjataan sitten tietojärjestelmiin. Pahimmassa tapauksessa tuotetut raportit ovat kuitenkin vain paperisessa muodossa eikä niitä

jaeta tehokkaasti muille osapuolille. Huono toimitusketjun tiedonhallinta johtaa usein viivästyksiin ja uudelleen tehtävään työhön. Koska syötettävää tietoa on paljon, saattaa se vaikuttaa työntekijöiden motivaatioon syöttää joka kerta täysin tarkkaa tietoa. Tieto ei siis välttämättä ole aina ajan tasalla tai niin tarkkaa kuin mahdollista. (Ikonen et al. 2013)

Rakennusallalla yrityksillä on tarve jakaa statustietoa lukuisten osapuolten kanssa, jotka vaihtuvat usein. Taloudellisesti ei ole tehokasta investoida suuria summia rahaa yritysten väliseen toimintaan, jos yhteistyötä on vain satunnaisesti ja lyhyitä jaksoja kerrallaan. Sen sijaan statustietojen jakamiseen tulisi olla yleisesti käytössä oleva tapa, jonka jokainen yritys voisi helposti omaksua. (Törmä et al. 2014)

Toistaiseksi ei ole ollut yleistä menetelmää, jonka avulla toimitusketjussa voisi jakaa statustietoja osapuolten kesken. Siksi statustiedot eivät ole olleet ajan tasalla koko toimitusketjussa. Toimitusketjussa betonielementtien valmistajaa informoidaan rakennesuunnittelun vallitsevasta tilanteesta ja pääurakoitsijaa informoidaan elementtien valmistuksen tilanteesta. Kuitenkin tietoa siirretään vain yhteen suuntaan. Projektipäällikön näkökulmasta toimitusketjussa ongelmana on puute systemaattisesta menetelmästä seurata aikataulua kootusti. Tällä hetkellä jokainen sidosryhmä on seurannut omia statustietojaan, mutta vuorovaikutuksellista tiedonvaihtoa ei ole tapahtunut. Aiemmin statustiedot ovat olleet enemmänkin työkalu osapuolten sisäisen toiminnan suunnitteluun. (Nisilä 2013)

Toimitusketjussa on useita eri tarpeita statustietojen jakamiseen. Toimitusketjun ylävirrassa työskentelevät, eli suunnittelijat ja rakennusosien valmistajat, toivovat saavansa statustietoja, jotta he voivat tietää ovatko muutokset vielä mahdollisia. Toimitusketjun alavirrassa työskentelevät puolestaan tarvitsevat statustietoja ylävirrasta, jotta he voivat suunnitella omaa toimintaansa ja miettiä, mitkä työt ovat järkevintä aloittaa seuraavaksi. Esimerkiksi elementtien asennus on riippuvainen elementtien valmistuksen ja kuljetuksen tilanteesta. Lisäksi projektinjohto haluaa seurata statustietoja ymmärtääkseen, onko hanke aikataulussa, ja jos ei ole, niin tehdä tarvittavia toimia tilanteen korjaamiseksi. (Törmä et al. 2014)

2.1.2 Tutkimukset toimitusketjun hallinnan parantamiseksi rakentamisprojektissa

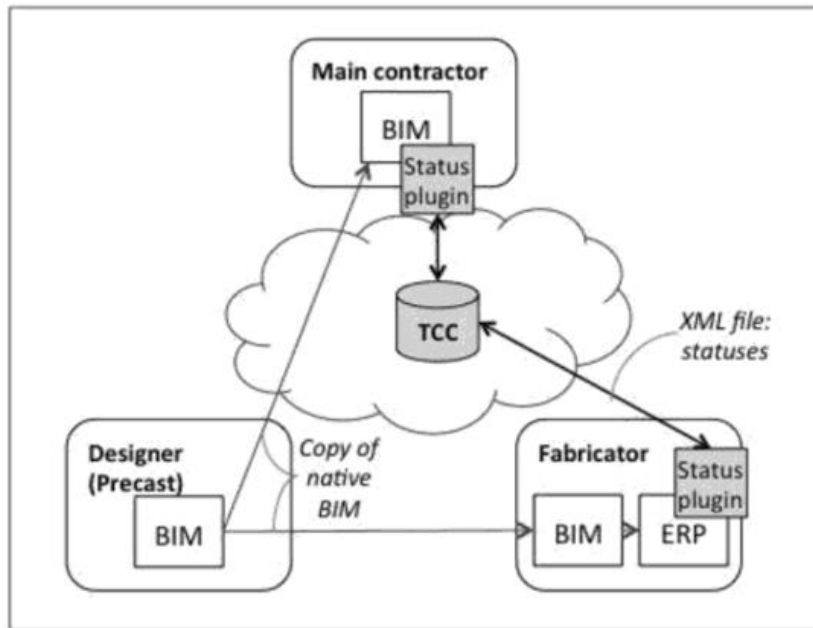
Teknologian ja mallintamisen kehitymisestä huolimatta rakennusprosessien tilanteita työmailla seurataan edelleen epätehokkaasti. Nykyisiä tapoja raportoida työmaan edistymistä ovat esimerkiksi tekstin muodossa kirjoitetut edistymiskertomukset, Gantt-kaaviossa esitetyt tilanneviivat sekä valokuvat. Nykyiset tavat raportoida ja kommunikoida rakentamisen edistymisestä eivät kuitenkaan välttämättä kunnolla ja nopeasti havainnollista rakentamisen edistymistä. (Getuli et al. 2016)

Viime vuosina on tehty paljon tutkimustyötä siitä, kuinka tietotekniikan avulla pystytäisiin parantamaan toimitusketjun hallintaa rakentamisprosesseissa. Prosessin visuaalinen esitys voi tarjota toimitusketjun hallintaa varten tehokkaan apuvälineen resurssien ja rakentamisprosessin seuraamiseen. Samalla mallintaminen on ollut keskeisessä roolissa uudistamassa tiedonkulkua rakentamisen toimitusketjussa. (Getuli et al. 2016)

Tällä hetkellä tarjolla on monia rakentamista palvelevia sovelluksia erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten laadunvalvontaan ja rakentamisen hallintaan. Rakennusyritysten eniten käyttämät mobiilisovellukset eivät kuitenkaan ole tehty rakennusprosessia varten, vaan tiedostojen jakamista ja sään katsomista varten. (Azhar et al. 2015) Siksi tällä hetkellä on kehittymässä sovelluksia, jotka sisältäisivät kaiken potentiaalisen tiedon yhdessä paikassa. Rakennusvaiheessa käytettävä sovellus voisi sisältää esimerkiksi työmaan toimintoihin ja edistymisen seurantaan, laadunvalvontaan sekä resurssien seuraamiseen tarvittavia ominaisuuksia. (Garcia Garcia et al. 2014) Täysi potentiaali mobiiliteknologiasta saadaan kuitenkin hyödynnettyä vasta, kun työmaalla kerättävä tieto saadaan tehokkaasti jaettua projektin muiden osapuolten kanssa helpottaen päätöksentekoprosessia. Rakennushankkeen statusten ymmärtäminen on oleellista työmaan onnistunutta hallintaa ajatellen, ja sitä varten mobiiliteknologiat voisivat tarjota kaikille osapuolille paremman tavan päästä käsiksi projektia koskeviin tietoihin linkittämällä mobiililaitteet kaikille osapuolille jaettuun tietomalliin. (Kim et al. 2013)

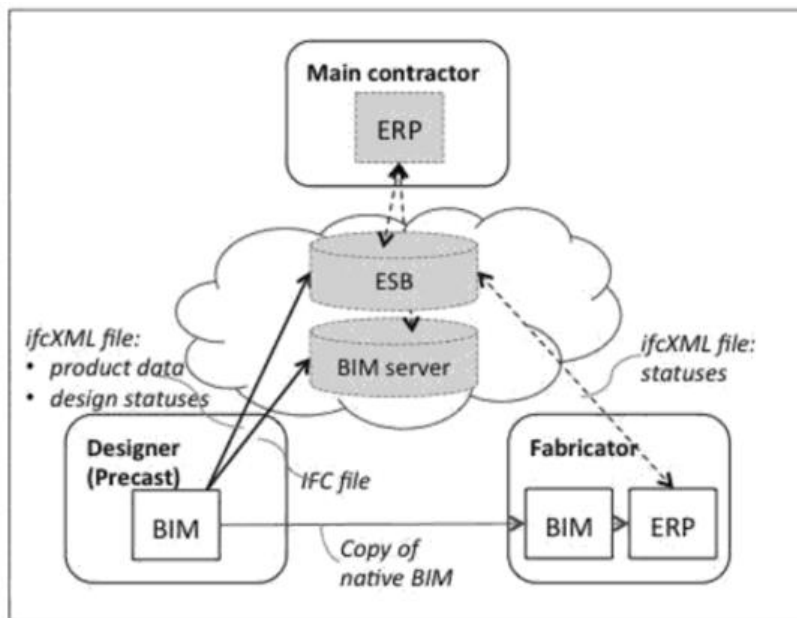
Törmä et al. esittelevät tutkimuksessaan (2014) kolme erilaista tapaa statustiedon jakamiseen: pilvikansion, toiminnanohjausjärjestelmän, eli Enterprise Resource Planning (ERP), ja liikepalveluväylän, eli Enterprise Service Bus (ESB), mahdollistaman ratkaisun sekä hajautetun julkaise/tilaa -mallin.

Menetelmässä, joka perustuu pilvikansioon, statustietojen jakaminen tapahtuu pilveen luodunansion välityksellä. Menetelmässä suunnittelija ja urakoitsija tekivät statuspäivitykset manuaalisesti tietomallinnusohjelmiston avulla. Elementtitehtaan toiminnanohjausjärjestelmään puolestaan kehitettiin automaattinen linkki, jonka avulla statustiedot saatiin päivitettyä pilvikansioon. Pilvipalvelun käyttöönotto oli osapuolille helppoa, mutta se vaati kaikilta osapuolilta saman tietomallinnusohjelmiston: Tekla Structuresin ja siihen asennettuna Status Sharing -lisäosan. Pilvipalveluna käytettiin Trimble Connected Community (TCC) -nimistä palvelua. Pilvipalvelu mahdollistaa rajattoman määrän tiedon tuottajia ja käyttäjiä. Järjestelmän periaate on esitetty kuvassa 2.1. (Törmä et al. 2014)



Kuva 2.1. Pilvikansioon perustuva järjestelmä (Törmä et al. 2014)

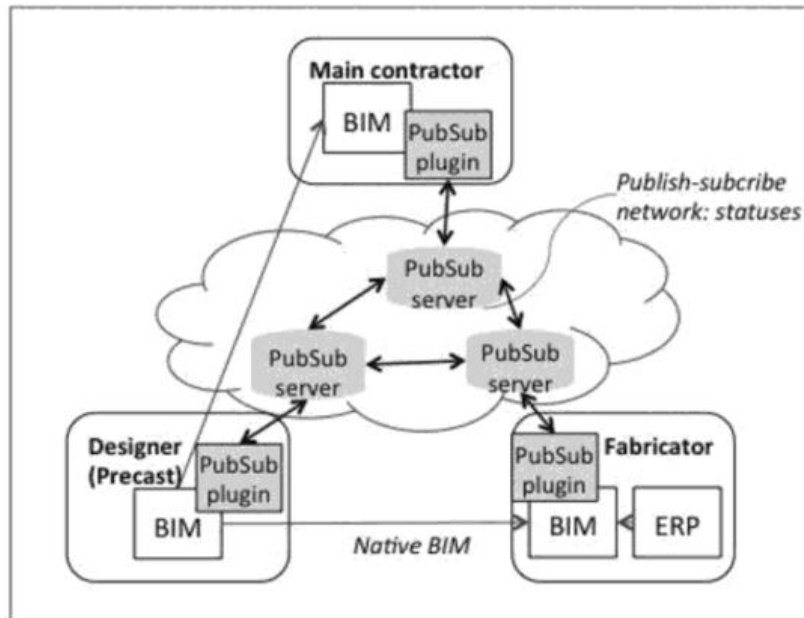
ERP/ESB -mallin periaate on esitetty kuvassa 2.2. Mallissa ERP-järjestelmää käytetään tiedon varastointiin ja hallintaan. ESB puolestaan toimii tiedon välittäjän roolissa osapuolten välillä. ESB hyödyntää julkaise/tilaa -mallin mukaista tapaa jakaa statustietoja. Kyseisessä tavassa osapuolet voivat itse julkaista statustietoja ja vastaanottaa heille tärkeitä statustietoja. (Törmä et al. 2014)



Kuva 2.2. ERP/ESB -järjestelmä (Törmä et al. 2014)

Julkaise/tilaa -malli perustuu tiedon tuottajiin ja käyttäjiin, jotka ovat yhteydessä toisiinsa ohjelmiston avulla. Kyseisessä mallissa rakennusprojektin osapuolet voivat rekistroidä tilauksia heitä kiinnostaviin statusattributteihin. Kukin statusattribuutteja tuottava

osapuoli puolestaan toimii kyseisten tietojen julkaisijana. Julkaisun jälkeen statusattribuuttien tilaajat saavat automaattisesti päivitykset heitä kiinnostaviin statustietoihin. (Aro 2013) Hajautetulla järjestelmällä tarkoitetaan, että se ei vaadi erillistä osapuolta, joka toimii statustietojen keskiönä tai ohjaa tietojen vaihtamista osapuolten välillä. Hajautetun julkaise/tilaa -mallin mukainen järjestelmä on havainnollistettu kuvassa 2.3. (Törmä et al. 2014)



Kuva 2.3. Hajautettu julkaise/tilaa -malli (Törmä et al. 2014)

Törmän et al. tutkimuksessa (2014) pilveen perustuva tapa jakaa statustietoja koettiin kaikista helpoimmaksi ottaa käyttöön. ERP/ESB -malli vaatii, että rakennusyrityksellä on käytössään ERP-järjestelmä. Kynnys ERP/ESB -järjestelmän käyttöönottoon voi siis olla erittäin suuri, jos ERP-järjestelmää ei ole aiemmin ollut yrityksellä käytössä. Julkaise/tilaa ja ERP/ESB -malleissa tietovirtojen kokoonpanot on varsin automatisoitu. Pilvi-järjestelmässä puolestaan jokaisessa projektissa tarvitsee erikseen sopia tuotettavasta sisällöstä. (Törmä et al. 2014)

Yhteenvedona voidaan todeta, että pilvipalvelu on helpoin ottaa käyttöön, mutta se ei ole niin automatisoitu kuin kaksi muuta esitettyä menetelmää. Pilvipalvelu ei myöskään sovellu kovin hyvin ilmoittamaan uusista ilmoituksista. ERP/ESB -järjestelmä on hyvä, jos kaivataan keskitettyä järjestelmää ja ERP-järjestelmä on jo valmiiksi käytössä. Julkaise/tilaa -malli tuottaa ilmoituksia uusista ilmoituksista, mutta hajautettu järjestelmä saattaa olla osapuolille vieras. (Törmä et al. 2014)

Aro tutki diplomityössään (2013) julkaise/tilaa -mallin mukaista hajautettua tapaa vaihtaa automatisoidusti rakennuselementtien statustietoja. Diplomityö kuului DRUM-työpakettiin, joka oli osa PRE-projektia. Projektissa pyrittiin luomaan kiinteistö-, rakennus- ja infra-alalle täysin uusia toimintatapoja ja liiketoimintamalleja. DRUM-työpaketissa pääkohteisiin kuului tutkia hajautettua tapaa jakaa rakennuksen tietoja.

Aron diplomityössä osoitettiin, että hajautetun julkaise/tilaa -järjestelmän avulla on mahdollista vaihtaa statustietoja onnistuneesti rakennusprojektissa. Järjestelmässä havaitut puutteet analysoitiin tutkimuksessa ja niiden poistamiseksi esitettiin ratkaisuja. (Aro 2013)

Nissilän diplomityössä (2013) hyödynnettiin pilvipalvelua statustietojen jakamiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää betonielementtien tietomallipohjaista toimitusketjun hallintaa. Työssä kuvattiin yleispiirteinen toimintamalli betonielementtien toimitusketjun seuraamiseen. Lisäksi tutkimuksessa seurattiin pilottihanketta, jossa testattiin väliseinäelementtien valmiusasteiden sekä suunniteltujen ja toteutuneiden päivämäärien siirtoa ja esittämistä tietomallipohjaisesti. Statustietojen siirtäminen tapahtui tietomallipohjaisesti rakennesuunnittelijan, elementtitehtaan ja urakoitsijan välillä pilvipalvelun avulla. Suunnittelutoimistossa ja rakennustyömaalla statustiedot kirjattiin manuaalisesti tietomallinnusohjelmaan. Elementtitehtaan tuotannonohjausjärjestelmään sen sijaan kehitettiin automaattinen linkki, joka lähetti betonielementtien valmistustiedot automaattisesti pilvipalveluun. Statustiedot havainnollistettiin mallinnusohjelmaan tehdyillä visualisoinneilla. Statustietojen siirto onnistui pilottiprojektissa kaikkien osapuolten kesken ja toimintamallille määritetyt vaatimukset täyttyivät. Tutkimuksen mukaan tiedonsiirto oli helppokäyttöistä, päivittäistä ja luotettavaa. Lisäksi pilotoinnissa koettiin, että statustietojen vaihtaminen paransi tiedonkulkua osapuolten välillä ja auttoi osapuolia luomaan kokonaiskuvan projektista. Tulevaisuudessa tietojen kirjaamisen suunnittelu- ja asennusvaiheissa ei kuitenkaan tulisi tapahtua manuaalisesti, vaan tiedonhallinnan helpottamiseksi sen tulisi tapahtua luonnollisena osana normaalia toimintaprosessia. (Nissilä 2013)

Samantyyppinen tutkimus oli myös Jussilan, Kiviniemin & Talvitien tutkimus (2012). Tutkimuksessa Teknologian tutkimuskeskus VTT, ohjelmistoyritys Evianet Solutions Oy ja Skanska testasivat betonielementtien statustietojen jakamista toimitusketjussa. Testissä statustietojen jakaminen toteutettiin logistiikkaohjelmiston, tietomallin ja elementtivalmistajan toiminnanohjausjärjestelmän avulla, siten että etukäteen oli sovittu osapuolten oikea-aikaisesti suoritettavista toimenpiteistä. Tutkimuksessa suoritettiin menetelmän pienimuotoinen pilotointi. Se suoritettiin kerrostalokohteen yhden kerroksen elementeille. Pilotoinnissa pääpaino oli kehittää ja testata toimitusketjun tiedonsiirtoa tietomallin kanssa. Pilotointi osoitti, että menetelmässä on potentiaalia, mutta kuitenkin sitä täytyy vielä kehittää ja testata ennen kuin sitä voi pilotoida isommassa kohteessa tai ruveta käyttämään aktiivisesti. Tutkimuksessa havaittiin jonkin verran virheitä tiedoissa, koska osasta elementtejä puuttui yksilöivä tunnus ja osassa elementeistä puolestaan oli sama tunnus. Kyseessä oli menetelmän ensimmäinen testaus, joten tietojen tarkkuudesta oli epäilyksiä projektin osapuolilla. (Jussila et al. 2012)

Pilvipalvelujen hyödyntämistä on tutkittu myös pienemmässä osassa toimitusketjua. Matthews et al. (2015) tutkivat pilvipalvelulla luotua tapaa seurata työmaan edistymistä tietomallipohjaisesti. Tutkimuksessa rakennusyhtiö keräsi työmaalta tietoa sekä perin-

teisellä tavalla paperille että tietomallipohjaisesti. Projektin yhteistyökumppaneiden kanssa rakennusyritys määritteli perinteisen paperipohjaisen tavan prosessin suorittamiseen ja suunnitteli sen pohjalta uuden tavan prosessin suorittamiseen hyödyntämällä pilvipalvelussa olevaa tietomallia. Työmaalla projektin edistymistiedot kirjattiin prosentteina pilvipalveluun mobiililaitteella. Vertaamalla edistymistä tavoiteaikatietoihin, pystyttiin tietokoneohjelmalla visuaalisesti simuloimaan työmaan edistyminen aikatauluun verrattuna. Tutkimuksessa uuden pilvipohjaisen tavan koettiin auttavan projektin osapuolten tiedonvaihdossa ja myös hieman työmaan jokapäiväisessä työssä. Suurin hyöty koettiin kuitenkin siitä, että prosessi suunniteltiin uudelleen vastaamaan tietomallipohjaista tapaa, ja se tarjosi tehokkaamman tavan kommunikoida työmaan ja toimiston välillä. Uudelleensuunnittelun prosessi koettiin kuitenkin vaikeaksi toteuttaa. (Matthews et al. 2015)

Myös Getuli et al. (2016) tutkivat pilvipohjaista tapaa julkaista projektin tietoja tietomallissa. Tutkimuksessa pilveen kirjattiin tietoa edistymisprosenttien lisäksi myös mestojen ja työvälineiden saatavuudesta. Menetelmää testattiin nelikerroksisessa rakennuksessa, joka sisälsi toimistoja ja laboratorioita. Projektin osapuolille annettiin erilliset värit, jotka vaikuttivat tietomallissa näkymiin ja visualisointien väreihin. Osapuolilla oli myös erilaiset käyttöoikeudet visualisoida, muokata ja lisätä tietoja mallin sisällä. Edistymisprosentit visualisoitiin tietomallissa läpinäkyvyyden avulla, siten että mitä tummempi väri oli mallissa, sitä valmiimpi kyseinen rakennusosa oli. Valmiin statuksen rakennusosa pystyi saamaan vasta, kun työmaapäällikkö vahvisti osan valmiiksi. Tutkimuksen päätavoitteena oli parantamaan tiedonvaihtoa rakennusvaiheen aikana hyödyntämällä rakentamiseen kehitettyjä sovelluksia, mobiililaitteita ja tietomalleja. Tutkimuksen mukaan tarvittaisiin kuitenkin tasaisempi ja avoimempi työnkulku, jotta tehokkaasti saataisiin hankittua ja käsiteltyä tietoa hyödyntäen tietomalleja toimitusketjun hallinnassa. Lisäksi tätä tarkoitusta varten tulisi kehittää sovellus parantamaan osapuolten välistä yhteistoimintaa. (Getuli et al. 2016)

Mobiiliteknologian käyttöä toimitusketjun hallinnan parantamiseksi on myös tutkittu paljon. Kim et al. (2013) tutkivat mobiiliteknologian hyödyntämistä työmaalla tavoitteenaan luoda tehokas hallintajärjestelmä työmaalle. Järjestelmässä keskityttiin kolmeen tärkeään toimintoon työmaan hallinnassa: työmaan seurantaan, tehtävien hallintaan ja reaaliaikaisen tiedon jakamiseen. Järjestelmän luomiseksi tutkimuksessa käytettiin hyödyksi erilaisia teknologioita, kuten langatonta viestintää ja lisättyä todellisuutta, jotta tehokkaasti pystyttäisiin hallitsemaan, siirtämään ja visualisoimaan projektin tietoja mobiililaitteilla. Kehitettyä järjestelmää testattiin sairaalarakennuksen rakentamisen yhteydessä. Testauksen avulla havaittiin, että kehitetyssä järjestelmässä on paljon potentiaalia, ja tutkimus vahvisti sen, että järjestelmän avulla on mahdollista parantaa työmaan hallinnan prosessien tehokkuutta. Hyödyksi esitetyn järjestelmän käytöstä havaittiin rakennusajan lyhentymisen. Reaaliaikainen mobiililaitteilla luettavissa oleva tieto esimerkiksi auttaa vähentämään työmaatoimistolla käymistä, ja siten siirtymiseen kulu-

va aika vähenee. Digitaalisen kartan ja lisätyn todellisuuden avulla mobiililaitteilla on mahdollista löytää rakentamisessa tarvittavat resurssit työmaalta ilman aikaa vievää toimintaa. Muita hyötyjä olivat mahdollisuus säästää kustannuksissa paremman tiedonvaihdon ja materiaalihallinnan vaikutuksesta sekä mahdollisuus laadukkaampaan lopputulokseen. Kuitenkin lisätutkimuksia tarvitaan vielä, jotta täysin ymmärretään esitetyn järjestelmän taloudelliset hyödyt. (Kim et al. 2013)

Garcia Garcia et al. esittelivät tutkimuksessaan (2014) prototyyppiä rakentamisen edistymisen valvontasovelluksesta. Sovellus on kehitetty älypuhelimille ja sen avulla pystyy työmaalla tallentamaan tietoa rakentamisen edistymisestä. Sovellus osaa myös muuntaa tiedon muotoon, joka voidaan tuoda projektinhallinnan ohjelmistoon. Lopuksi tiedoston voi lähettää mobiililaitteelta tietokoneelle, jolloin projektinhallinnan ohjelmistolla voidaan päivittää projektin aikataulu vastaamaan uusinta tietoa työmaalta. Sovellus helpottaa edistymistietojen kirjaamista, luo tavan automatisoidusti päivittää aikataulua ja auttaa luotettavasti ja nopeasti työmaan tilannetta koskevassa päätöksenteossa. (Garcia Garcia et al. 2014)

Shi et al. esittelivät tutkimuksessaan (2016) katsauksen mobiili-internetin luomiin mahdollisuuksiin rakennusosalalla. Mobiili-internetin avulla voi esimerkiksi työmaalla seurata ja tarkastaa projektin edistymistä ja laatua. Toimitusketjun hallinnassa mobiili-internetiä pystyy hyödyntämään materiaalien seurannassa esimerkiksi Radio Frequency Identification (RFID) eli radiotaajuisten etätunnistuksen ja GPS:n avulla. Mobiili-internet sopii hyvin myös reaaliaikaisen tiedon jakamiseen ja kommunikointiin osapuolten välillä. Lisäksi virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta pystyy hyödyntämään reaaliaikaisessa viestinnässä työmaalla. Pilvipalvelut puolestaan pystyvät tarjoamaan mahdollisuuksia tietojen jakamista koskeviin vaatimuksiin. Tutkimuksessa kuitenkin todetaan, että mobiili-internetin ja siihen kehitettyjen sovellusten tietoturvaan tulee kiinnittää vielä tulevaisuudessa huomiota, jotta projektien tietoihin eivät pääse käsiksi väärät tahot. (Shi et al. 2016)

Edellisten ratkaisujen lisäksi on kehitetty myös muita tapoja toimitusketjun hallinnan parantamiseksi. Ustundag kertoo kirjassaan (2014) RFID:n hyödyistä verrattuna kustannuksiin. RFID-tunnisteen käyttöä on tutkittu paljon ja sitä on käytetty esimerkiksi teollisuudessa, vähittäiskaupassa, terveydenhuollossa ja logistiikassa. Se voi parantaa toimitusketjun hallinnan neljää tekijää: tehokkuutta, tarkkuutta, näkyvyyttä ja turvallisuutta. Rakennusosalalla RFID:tä ei vielä ole laajasti otettu käyttöön. RFID-tunnistetta pystyy kuitenkin hyödyntämään rakennusosalalla useissa eri prosesseissa. Sen avulla pystyy esimerkiksi tunnistamaan materiaaleja, työkaluja ja henkilöstöä, sekä saamaan selville niiden tarkan sijainnin. Lisäksi RFID:n avulla voi suorittaa laadunvalvontaa ja kerätä statustietoa rakennusosista. (Ustundag 2014)

Ustundagin kirjassa (2014) on tehty myös simulointi RFID:n hyödyistä tunnistaa ja löytää seinäelementit tehtaalla ja työmaalla. Tuloksia verrataan tavalliseen tapaan toimia

rakennusprojektissa. Simuloinnin perusteella RFID:n käytöstä on saavutettavissa selviä hyötyjä. Sen avulla on mahdollista vähentää hukassa olevia elementtejä, väärin elementtien lähetystä työmaalle ja elementtien väärintunnistamista asennusvaiheessa. Myös ajallisesti ja taloudellisesti on saavutettavissa säästöjä näiden hyötyjen avulla sekä elementtitehtaalla että työmaalla. (Ustundag 2014)

Shin et al. (2011) tutkivat RFID-tunnisteen ja langattomien sensoriverkkojen hyödyntämistä toimitusketjun hallinnassa. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää sitä varten uudenlainen tiedonhallinnan ratkaisu, joka voi tarjota logistiikan tietoa projektin osapuolille päätöksentekoa varten. Tutkimuksessa osoitettiin, että hyödyntämällä RFID:tä ja langattomia sensoriverkkoja on mahdollista säästää selkeästi aikaa verrattuna tavalliseen tapaan hallita rakennusprojektin toimitusketjua. Ajallista säästöä syntyi eniten materiaalien vastaanotossa työmaalle ja materiaalien tarkastuksessa tehtaalla. Lisäksi kehitetty järjestelmä mahdollistaa nopeamman reagoinnin toimitusketjussa tapahtuviin muutoksiin. (Shin et al. 2011)

2.1.3 Kehitysnäkymät

Tiedonhankinta ja tiedonvälitys ovat kaksi tärkeintä osa-aluetta rakennusalaalla toimitusketjun tiedonhallinnassa (Shi et al. 2016). Mobiililiittymät tulevat jatkuvasti kasvattamaan osuuttaan tiedonvälityksessä. Älypuhelimet tarjoavat joustavan ja tehokkaan tavan rakennustyömaan hallintaan paikan päällä. Mobiiliteknologian odotetaan olevan edelläkävijä perinteisten johtamiskäytäntöjen muutoksessa rakennusalaalla. (Kim et al. 2013)

Tietomallit tulevat olemaan erittäin tärkeässä roolissa uusissa projektinhallinnan tietojärjestelmissä työmaalla. Tällaiset tuotannonohjausjärjestelmät luovat pää- ja aliurakoitsijoille tuotetietojen lisäksi myös prosessitietoa. Prosessitieto mahdollistaa statusten seuraamisen siitä, mitä muut tekevät, missä materiaalit kulkevat toimitusketjussa ja mitkä työpisteet ovat valmiina työtehtävää varten. Nämä tiedot auttavat projektin osapuolia tekemään järkeviä päätöksiä heidän omaa toimintaansa ajatellen. (Eastman et al. 2011)

Tietovirta muuttuu lähes välittömäksi ja yhteistoiminta projektin kaikkien osapuolten välillä voi muuttua synkronoiduksi. Perinteinen työnkulku, joka voi olla toistuvaa ja epätaloudellista johtuen uudelleen tehtävästä työstä, tulee muuttumaan. Myös ammatilliset ja oikeudelliset rakenteet, jotka ovat syntyneet suhteessa perinteiseen työnkulkuun, ovat yhtä sopimattomia yhteistoiminnalliseen suunnittelu- ja rakentamisprosessiin, jossa on lyhyemmät läpimenoajat ja tiiviisti yhdistetyt tietovirrat. (Eastman et al. 2011)

Lean Construction ja tietomallit tulevat todennäköisesti etenemään käsi kädessä, koska ne täydentävät toisiaan useilla merkittävillä tavoilla. Lean -filosofian mukaisesti rakennuksen suunnittelussa pyritään vähentämään hukkaa karsimalla prosessista tarpeettomia vaiheita, jotka eivät tuota varsinaista arvoa asiakkaalle. Tietomallinnus voi olla ratkaisevassa roolissa suunnittelun ja rakentamisen keston lyhentämisessä. Tietomallinnus on

kehittynyt nopeasti ja sen avulla on mahdollista saavuttaa vahva viestintä asiakkaiden kanssa visualisointien ja kustannusarvioiden avulla, samanaikaisesti kehittää suunnittelua ja koordinoita konsulttien kanssa, vähentää virheitä ja automatisoida dokumenttien tuottamista sekä helpottaa esivalmistusprosessia. Kaikki nämä osaltaan vaikuttavat siihen, että tietomallinnuksesta tulee välttämätön rakentamisen työkalu. (Eastman et al. 2011)

Perinteinen tapa hallita toimitusketjua tulee olemaan enenevässä määrin älykäs. Toimitusketjun hallinnassa hyödynnetään erilaisia antureita, parempaa viestintää, älykästä päätöksentekoa ja automatisoituja ominaisuuksia. Uusi älykäs toimitusketju antaa ennennäkemättömiä mahdollisuuksia saavuttaa kustannussäästöjä ja parantaa tehokkuutta. (Wu et al. 2016) Älykäs toimitusketju pitää sisällään seuraavat kuusi ominaispiirrettä:

1. Tietoa tuotetaan paljon laitteiden avulla, kuten antureilla, RFID-tunnisteilla ja mittareilla.
2. Koko toimitusketju, sisältäen liiketoimintayksiköt, tietojärjestelmät, tuotteet ja muut älykkäät esineet, on kytköksissä keskenään.
3. Älykäs toimitusketju pystyy tekemään suuressa mittakaavassa optimaalisia päätöksiä suorituskyvyn optimoimiseksi.
4. Älykkään toimitusketjun tulee automatisoida paljon sen prosesseja koneiden avulla korvatakseen epätehokkaat resurssit.
5. Toimitusketjun prosessien integrointi vaatii yhteistyötä koko toimitusketjussa; yhteistä päätöksentekoa, yhteisiä järjestelmiä ja tietojen jakamista.
6. Toimitusketjussa pyritään innovatiivisesti luomaan uusia ratkaisuja. (Wu et al. 2016)

2.2 Statustieto tietomallihankkeessa

2.2.1 Yleistä tietomalleista

Tietomalli on 3-ulotteinen malli, johon on sidottu myös muuta tietoa kohteesta ja sen osista. Monet näkevät tietomallin vain 3D-työkaluna, mutta se on myös tietokanta, joka sitoo yhteen mallin komponentit. Mallista saadaan paljon hyötyä sen 3-ulotteisuuden vuoksi, mutta suurin hyöty on kuitenkin mallin kyvyssä vastata rakentamista ja suunnittelua koskeviin kysymyksiin, kuten asennusjärjestyksiin, materiaalien ja rakennusosien määriin sekä yksittäisiä rakennusosia koskeviin tietoihin. (Hardin & McCool 2015)

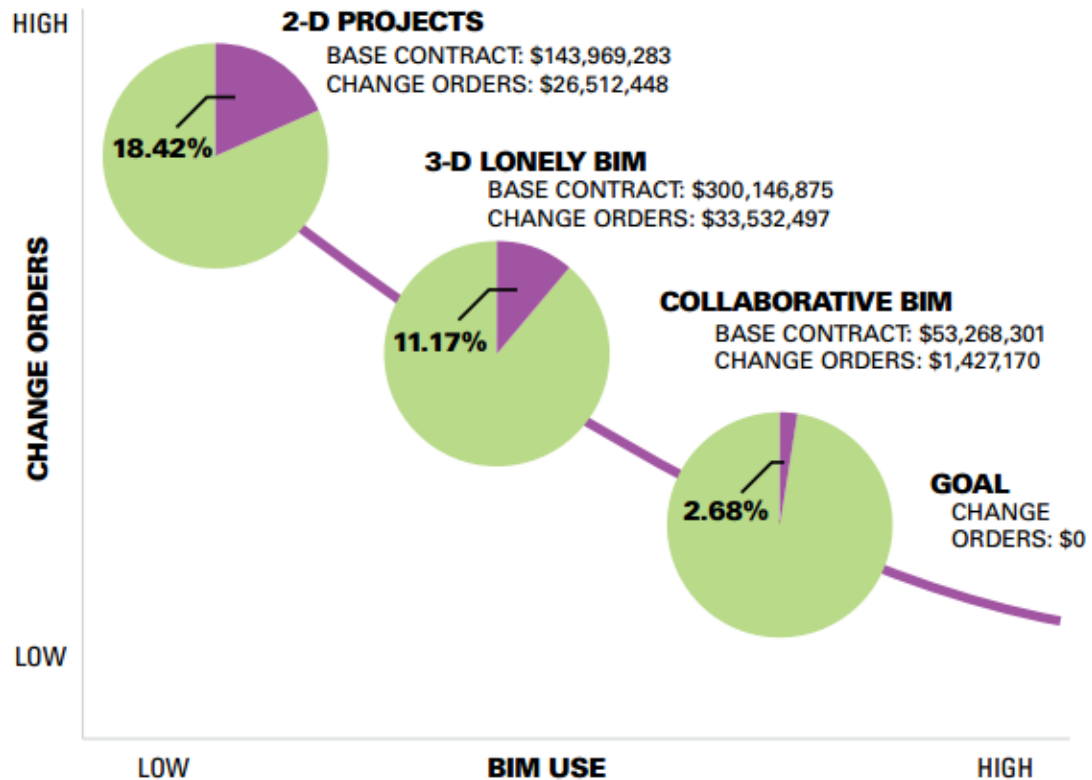
Tietomallinnuksesta käytetään nimitystä BIM, joka tulee sanoista Building Information Modeling. Tietomallintamisen avulla voidaan kokonaisvaltaisesti hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Tarvittava tieto on tietomalleissa paremmin hallittavissa kuin perinteisiä piirustuksia käytettäessä. Malliin voidaan merkitä tietoa rakennusten suunnittelua, toteutusta, käyttöä ja ylläpitoa varten. Malliin tallennettava tieto voi sisältää informaatiota esimerkiksi rakennuksen tiloista, rakenteista, materiaaliominais-

suuksista, mitoista ja määristä. Perinteisiin menetelmiin verrattuna tietomallien avulla on mahdollista tallentaa ja siirtää tietoa rakennushankkeen osapuolten välillä nopeammin, luotettavammin ja tehokkaammin. Etuna on myös, että tietomallipohjaista tietoa voidaan käsitellä ja tulkita ihmisten lisäksi tietokoneohjelmilla ja -järjestelmillä. (Penttilä et al. 2006)

Tietomallintaminen oli aluksi suunnittelijoiden työkalu, mutta nykyään sitä käytetään paljon myös rakennustyömailla. Tietomallintamisen etuna perinteisiin 2D-suunnitelmiin nähden on se, että tietomalli ei ole vain viivoja paperilla, mitkä esittävät rakennuksen muotoja, vaan tietomalli pikemminkin on rakennus (Hardin & McCool 2015). Mallinnuksen tavoitteena rakennusprosessissa on parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta ja turvallisuutta sekä tukea kestävästä kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari-prosessia (YTV 2012a).

Tietomallipohjainen suunnittelu vähentää työmaalla esiintyviä ongelmatilanteita, sillä suunnittelualueiden suunnitelmat sovitetaan etukäteen yhteen tietomallien avulla. 3D-pohjainen suunnittelu tarkoittaa myös suunnitelmien mitoitusta esimerkiksi korkeus-asemien osalta sekä luo edellytykset parantaa liittymien ja muiden detajikohtien suunnittelua. Tuotannon kannalta merkittävää on mallin oikeellisuus, eli että malli on teknisesti tehty oikein, mallin tiedot on tarkistettu suunnittelijan toimesta ja eri suunnittelualueiden mallit on sovitettu yhteen. Oleellista on myös, että suunnitelma-asiakirjat sisältävät yhtenevät tiedot mallin kanssa ja piirustuksia tulostetaan tietomalleista. (YTV 2012b)

Tietomallintamisen avulla suunnitelmien taso nousee, ja siksi tietomallien avulla on mahdollista vähentää rakentamisprosessissa muodostuvaa hukkaa. Tietomallintamisen avulla voidaan välttää suunnitteluongelmien muodostumista, muutosten tarvetta ja uudelleen tehtävää työtä. Kaikki osaltaan auttavat pienentämään hukan muodostumista. (Cheng et al. 2015) Yhteistyöllä on myös suuri merkitys tietomallien käytössä rakennusprojektissa. Projekteissa, joissa tietomalleja käyttävät hankkeen eri osapuolet, on saavutettavissa selvä hyöty muutostöiden määrän vähenemisessä. (Cannistraro 2012) Muutostöiden väheneminen puolestaan säästää rahaa. Kuvassa 2.4 havainnollistetaan tietomallien käytön merkitys muutostöiden määrään.



Kuva 2.4. Tietomallintamisella saavutettava hyöty muutostöiden määrän vähenemisessä. (Cannistraro 2012)

Erilaisia tietomallinnusohjelmia on saatavilla monia. Ohjelmia on useilta eri valmistajilta useisiin eri käyttötarkoituksiin. Yksi ohjelma sopii hyvin yhteen käyttötarkoitukseen, toinen ohjelma puolestaan sopii paremmin toiseen. Eri ohjelmistot saattavat käyttää eri tiedostomuotoja, joten riskinä on eri tiedostomuotojen yhteensopimattomuus muiden ohjelmistojen kanssa. Tätä varten on kehitetty Open BIM -konsepti eli avoin tietomallinnus. Yhdessä sovittujen prosessien, menetelmien ja terminologian avulla konseptissa pyritään luomaan tehokas ja yhteentoimiva kokonaisuus eri ohjelmien välille.

Avoimen tietomallinnuksen toteutukseen toimivin tapa on nykyisin IFC (Industry Foundation Classes) -tiedostomuodon käyttäminen (IFC introduction). IFC:n avulla on mahdollista tarkastella tietomallia eri mallinnusohjelmien välillä. IFC määrittelee ohjelmasta riippumattoman tavan siirtää 3D-tuotetietoa ohjelmien välillä. Periaatteena on, että tietoa lähettävä ohjelma esikäsittelee tiedot ohjelman omasta natiivitiedostomuodosta IFC-muotoon, ja vastaanottava ohjelma käsittelee tiedot IFC-muodosta omaan sisäiseen muotoonsa. (Penttilä et al. 2006)

2.2.2 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisprojekteissa

Kaikki alaluvussa 2.1.2 esitetyt tavat statustietojen jakamiseen perustuivat tietomallien käyttämiseen rakennushankkeessa. Ilman tietomalleja ei statustietojen jakaminen vält-

tämättä olisi mahdollista helposti ja tehokkaasti. Tietomallit mahdollistavat statustietojen linkittämisen yksittäisiin rakennusosiin ja selkeän havainnollistamisen vallitsevasta tilanteesta, mikä tekee tietomalleista erittäin hyvän alustan statustietojen jakamiseen. Statustietojen jakaminen rakentamisprojekteissa tietomallien avulla on kuitenkin vasta alkuvaiheessa kehityskäyrää ja laajaa käyttöönottoa. Toistaiseksi yhtään laajalti käytöön otettua statustietojen jakamisjärjestelmää ei ole vielä kehitetty.

Perinteisesti tietomalleista on havaittu olevan työmaalla hyötyä useissa toiminnoissa. COBIM -hankkeessa kerättyjen tietojen mukaan urakointiyritykset hyödyntävät tietomalleja rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheissa esimerkiksi seuraavissa toiminnoissa:

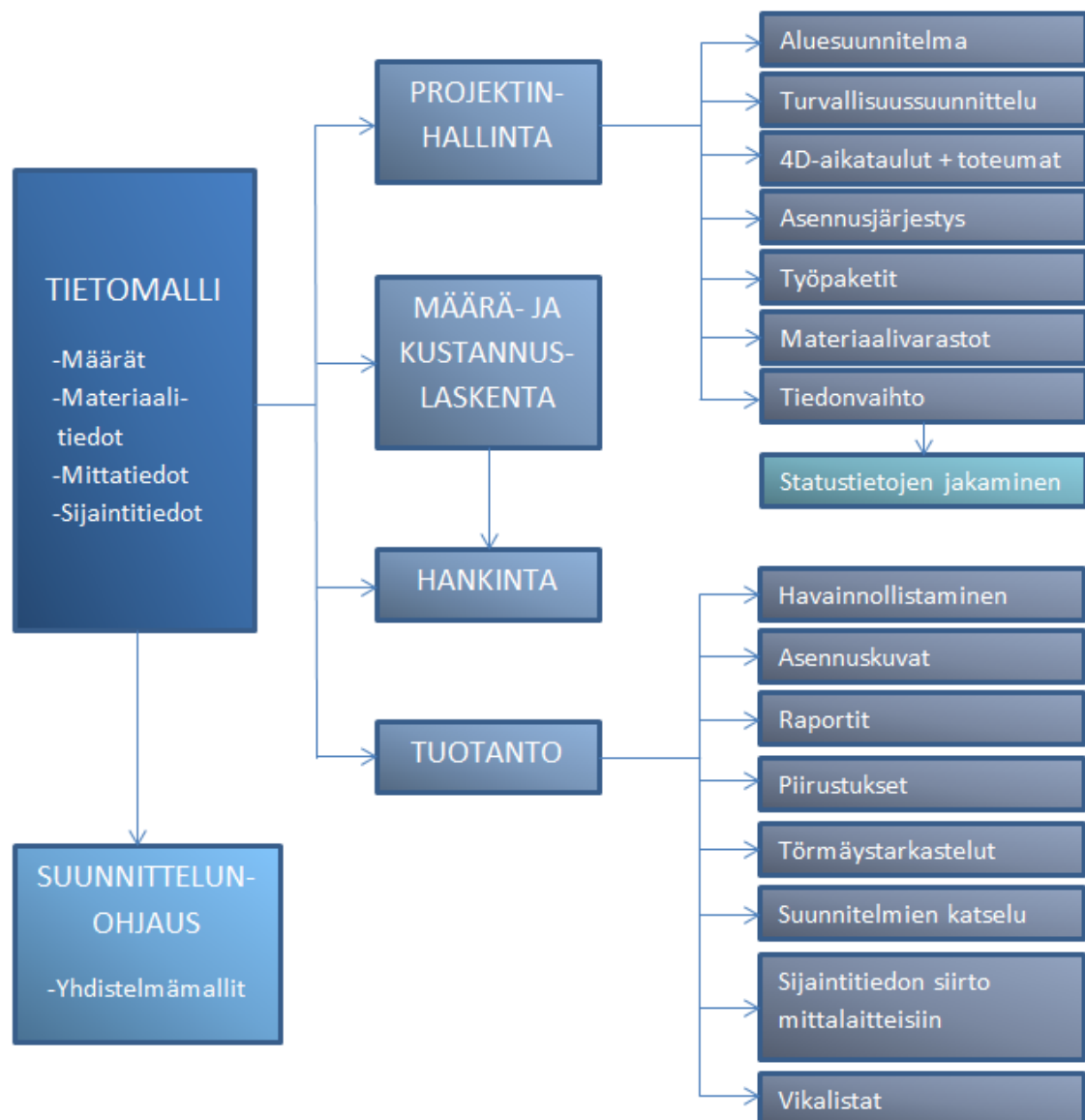
- Havainnollistaminen: kohteeseen, rakenteisiin ja suunnitelmiin perehtyminen sekä tiedonhaku tarjousvaiheessa, hankinnoissa ja työmaatoteutuksessa.
- Määrien laskenta tarjouslaskentavaiheessa sekä rakentamisaikana hankintoja ja tuotannonsuunnittelua varten.
- Yleinen rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto.
- Tuotannon 4D-aikataulutus, työjärjestysten suunnittelu sekä toteumatilanteen havainnollistaminen.
- Eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen, esimerkiksi talotekniikan asennusjärjestysten ohjaamista varten sekä rakennettavuustarkasteluihin.
- Rakenteiden sijaintitiedon siirto mittalaitteisiin.
- Työmaan aluesuunnitelman ja turvallisuussuunnittelun tekeminen, esimerkiksi putoamissuojaussuunnittelu. (YTV 2012b)

Myös Hardin & McCool (2015) esittävät kirjassaan, että tietomalleista on paljon hyötyä rakennustyömaalla. Heidän mukaansa ohjelmistoja on kehitetty viime vuosien aikana paljon, ja nykyään ohjelmistokehittäjät pyrkivät luomaan tietomalleihin työkaluja juuri rakennustyömaata varten. Tällä hetkellä tietomalleja työmailla käytetään heidän mukaansa:

- Tiedon analysointiin.
- Työmaalla tehtävien törmäystarkastelujen hallitsemiseen.
- Mallista johdettujen 5D-arvioiden päivittämiseen.
- Laajuuden ja työpakettien selventämiseen.
- Materiaalivarastojen hallitsemiseen.
- 4D-aikataulutuksen päivittämiseen.
- Rakennusosien asennustyön ja asennusjärjestyksen selventämiseen.
- Työmaan turvallisuuden parantamiseen.
- Tiedon lisäämiseen malliin paikan päällä rakennetuista osista.
- Parempien aikataulujen kehittämiseen rakennuksen 5D-skenaarioiden kautta.
- Vikalistojen tekemiseen. (Hardin & McCool 2015)

Statustietojen jakamisessa tietomallit toimivat projektin osapuolia yhdistävänä tekijänä, koska projektin osapuolilla on mahdollisuus tarkastella tietomallia ja tietomalliin linkitettyjä statustietoja. Tietomallit yhdistettynä statustietojen jakamiseen tarkoitettuun työkaluun tarjoavat uudenlaisen tavan tehokkaaseen tiedonvaihtoon rakentamisprojektin toimitusketjussa. Tietomallien käyttö on yleistynyt rakennushankkeissa todella paljon, joten statustyökalun käytöstä ei aiheudu lisää suunnittelukustannuksia, jos rakennushankkeesta on muutenkin tarkoitus laatia tietomalli.

Kaiken kaikkiaan työmailla käytetään tietomalleja moneen eri toimintoon. Nykyään myös statustietojen jakaminen tietomallien avulla pyrkii olemaan osa työmaan normaalia toimintaa. Yhteenvetona tietomallien käytöstä työmailla voidaan esittää kaavio, mikä selventää toimintojen suorittamista rakennusprosessissa. Kyseinen kaavio on esitetty kuvassa 2.5.



Kuva 2.5. Tietomallien käyttäminen työmailla.

Todennäköisesti tietomallien avulla on tulevaisuudessa mahdollista suorittaa muitakin toimenpiteitä rakennusosalalla. Hardin & McCool (2015) spekuloiivat kirjassaan tietomallien tulevaisuutta, ja heidän mukaansa virtuaalitodellisuudessa on erityistä potentiaalia nousta tulevaisuudessa isoon rooliin rakennusprojekteissa. Tulevaisuudessa rakennuksen tuleville omistajille voisi esimerkiksi esitellä suunniteltua rakennusta virtuaalisesti kävelemällä rakennuksen sisällä, vaikka rakennusta ei olisi vielä edes aloitettu rakentamaan. Virtuaalisesti rakennuksen sisällä kävellessä voisi mahdollisesti tehdä myös samalla erilaisia suunnitelmia. (Hardin & McCool 2015)

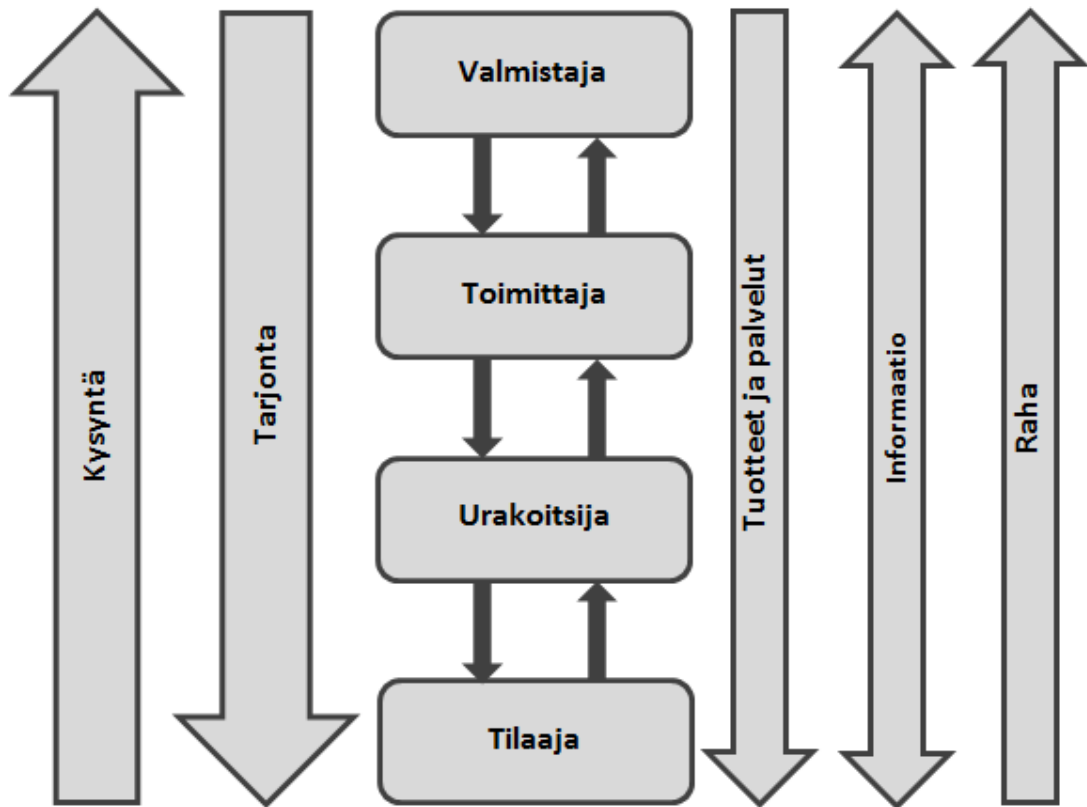
Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus eroavat toisistaan siten, että virtuaalitodellisuus sulkee kokonaan katsojan näkökentän ja vie katsojan kuvitteelliseen maailmaan. Lisätty todellisuus puolestaan tuo uusia elementtejä katsojan näkökenttään. Lisättyä todellisuutta hyödynnetään tällä hetkellä eniten tableteilla, jolloin katselija näkee tabletin ruudulta sen, miltä suunniteltu rakennus näyttäisi luonnollisessa ympäristössä. (Pänkäläinen 2016)

Ensimmäisiä lisättyä todellisuutta näyttäviä lasia on myös jo kehitetty rakennusosalalle. Esimerkiksi Microsoft on julkistanut HoloLens -lasit, joiden avulla pystyy katsomaan lisättyä todellisuutta. Lasien avulla pystyy näkemään hologrammeja todellisessa maailmassa, ja vuorovaikuttamaan hologrammeina näkyvään tietoon. (Microsoft HoloLens) Lisätyn todellisuuden lasilla voidaan tarkastella esimerkiksi putkien ja läpivientien sijoittumista rakennuksessa, ja havaita, onko kyseiset osat asennettu suunniteltuun paikkaan. Laseilla voi myös visualisoida rakennettavan rakennuksen tontille luonnollisessa koossa, ennen kuin tontilla on edes aloitettu rakennustöitä.

2.3 Toimitusketju rakentamisprosessissa

2.3.1 Toimitusketjun rakenne

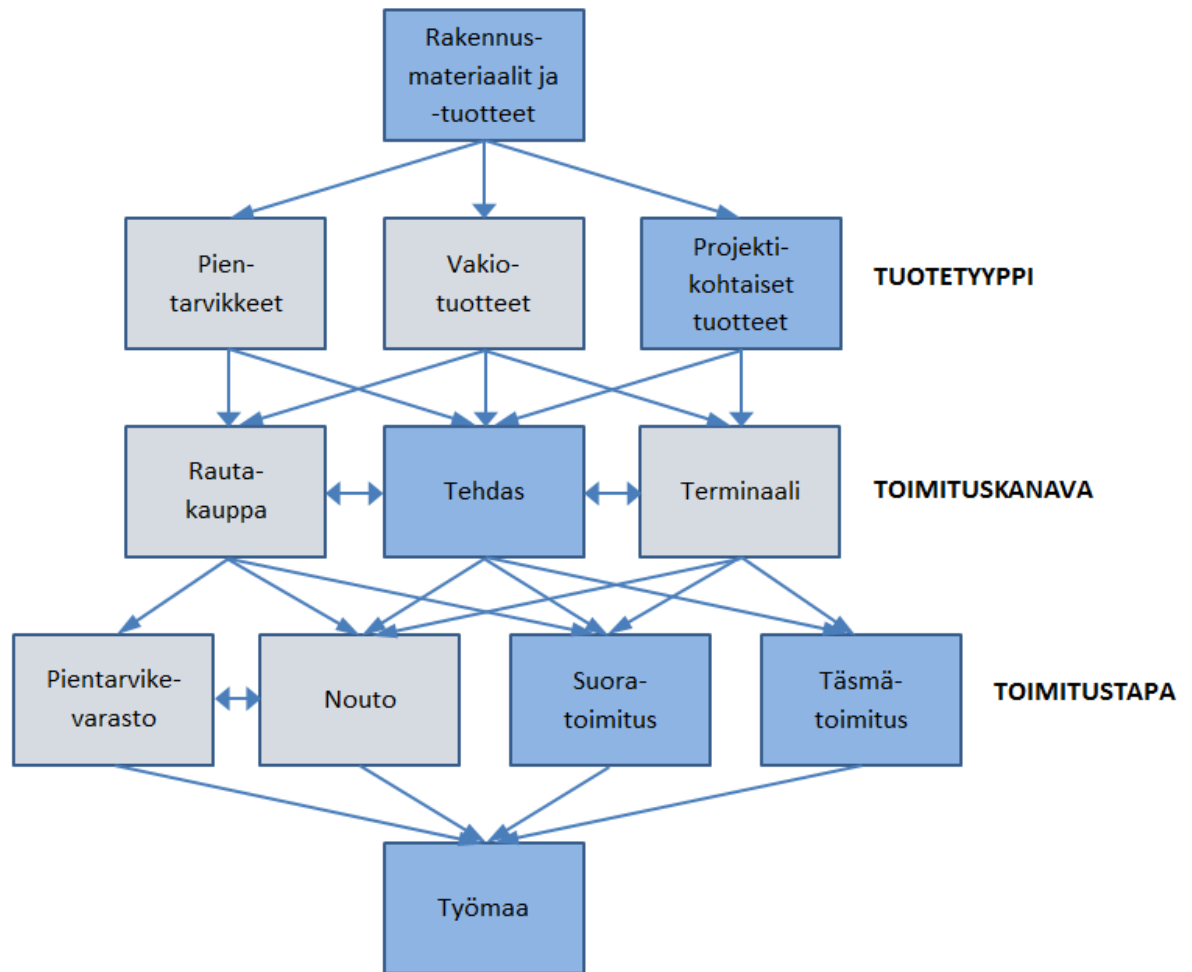
Toimitusketju terminä viittaa joukkoon toisiinsa sidoksissa olevia toimintoja ja menetelmiä, jotka voivat olla joskus peräkkäisiä ja joskus päällekkäisiä. Lisäksi toimitusketju pitää sisällään eri toimintoja ja menetelmiä sitovat linkit, joita voivat olla esimerkiksi ihmiset, laitteet, rakennukset ja ohjelmistot. Nämä linkit ilmaisevat asiakkaiden todellista tai oletettua kysyntää menossa yhteen suuntaan, ja tarjontaa menossa toiseen suuntaan täyttääkseen kysynnän. (O'Brien et al. 2009) Kuvassa 2.6 havainnollistetaan näiden linkkien kulku toimintaketjussa.



Kuva 2.6. Kysynnän ja tarjonnan virtaus toimitusketjussa. (Muokattu lähteestä O'Brien et al. 2009)

Tuotteet ja palvelut virtaavat siis toimitusketjussa valmistajalta toimittajan kautta urakoitsijalle ja lopuksi tilaajalle. Vastineeksi saamastaan tuotteesta tai palvelusta tilaaja maksaa rahaa. Rahavirta kulkee toimitusketjussa juuri päinvastaiseen suuntaan kuin tuotteet ja palvelut. Informaatio taas kulkee eri osapuolten välillä toimitusketjussa molempiin suuntiin.

Rakennusprojektin aikana työmaalle kuljetetaan valtava määrä erilaisia rakennusmateriaaleja ja -tuotteita. Työmaalle kuljetettavat tuotetyypit voidaan jaotella pientarvikkeisiin, vakiotuotteisiin ja projektikohtaisiin tuotteisiin. Tuotteet ja materiaalit eivät tule tavallisesti yhdestä paikasta, vaan niitä tuodaan useista eri sijainneista ja useilta eri toimittajilta. Toimituskanava voi siten vaihdella rautakaupan, tehtaan ja terminaalien välillä. Toimitustapa puolestaan voi olla työmaalla sijaitseva pientarvikevarasto, nouto, suora-toimitus tai täsmätoimitus. Kuvassa 2.7 havainnollistetaan materiaalivirtojen reitti työmaalle jaoteltuna tuotetyypin, toimituskanavan ja toimitustavan mukaan.



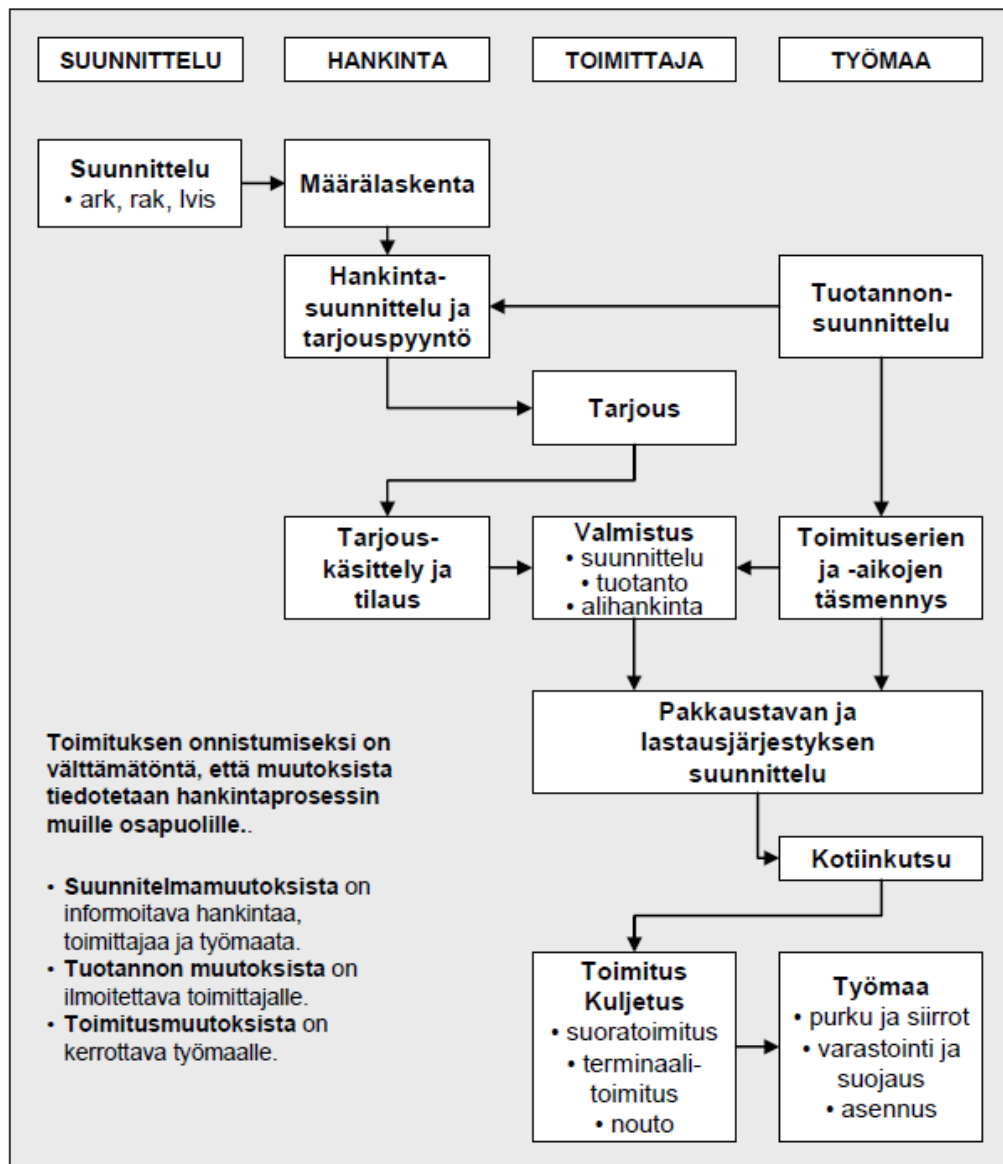
Kuva 2.7. Toimitusvaihtoehtojen jaottelu. Sinisellä pohjalla korostettu tässä tutkimuksessa merkityksellinen reitti. (Muokattu lähteestä KETJU-raportti 2009)

Projekti-kohtaiset tuotteet ovat luonteeltaan sellaisia, että niitä ei ole valmiiksi saatavilla mistään, vaan ne pitää erikseen suunnitella ja valmistaa tiettyä rakennusprojektia varten. Projekti-kohtaisten tuotteiden toimituksen hallinta edellyttää suunnittelijoiden, tuotetoimittajien ja urakoitsijoiden välistä yhteistyötä. Esimerkkejä projekti-kohtaisista tuotteista ovat elementit, ikkunat, erikoisovet ja kalusteet. (KETJU-yhteenvetoraportti 2009)

Tehdas on tuotantolaitos, joka valmistaa rakennusmateriaaleja ja -tuotteita. Tehdastoimituksessa materiaalit ja tuotteet toimitetaan suoraan valmistajan tai maahantuojan varastosta työmaalle. Mikäli tehtaalta lähtevä toimitus on suora-toimitus, ei tarkkaa toimituskohdetta työmaalla välttämättä ole sovittu. Täsmätoimituksessa puolestaan toimitusajankohta sekä tuotteiden pakkaaminen ja merkitseminen tietyn toimituskohteen edellyttämällä tavalla on sovittu tarkasti. Toimituskohde työmaalla voi olla esimerkiksi jokin tietty huoneisto tai kerros. (KETJU-raportti 2009)

Projekti-kohtaisten tuotteiden hankintaketju käsittää suunnittelijat, toimittajat, työmaan ja mahdollisen erillisen hankintaosaston. Projektin pysymiseksi suunnitellussa aikataulussa on tärkeää, että tiedonvaihto osapuolten välillä on riittävän hyvää ja reaaliaikaista.

Tiedonkulun merkitys korostuu entisestään suunnitelmamuutosten vaikutuksesta. Ku-
vassa 2.8 esitetään projektikohtaisten tuotteiden hankintaketjun päävaiheet.



Kuva 2.8. Hankintaketjun päävaiheet projektikohtaisille tuotteille (KETJU-raportti 2009).

Kyseisen prosessin muodostavat kolme pääkohtaa:

- 1) hankintavaihe (alustava suunnittelu ja tarjouskilpailu)
- 2) yksityiskohtainen suunnittelu (suunnittelu ja koordinointi)
- 3) valmistus (sisältäen toimituksen ja asennuksen).

Prosessi sisältää syklejä, jotka mahdollistavat suunnittelu-ehdotusten laatimisen ja muokkaamisen tarvittaessa useaan kertaan. Tämä tapahtuu tyypillisesti yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa, jossa rakentajan edellytetään antavan palautetta ja hyväksyntä suunnitelmille. Suunnitelmien ei pelkästään tule täyttää niille asetettuja vaatimuksia, mutta myös suunnitelmien koordinointi muihin rakennuksen järjestelmiin tulee huomioida. (Eastman et al. 2011)

Mallintamista hyödyntämällä voi parantaa toimitusketjun prosesseja monin tavoin. Ensinnäkin mallintamisen avulla voidaan tehostaa suunnitteluprosessia 2D-suunnitteluun verrattuna. Mallintamisella tuottavuus paranee ja samalla poistetaan tarve manuaalisesti ylläpitää useiden piirustustiedostojen sisältö yhdenmukaisena. Toiseksi mallintaminen mahdollistaa paremmin rakennusosien esivalmistuksen. Jos mallintamista tarkastellaan Leanin näkökulmasta, voi mallintaminen vähentää huomattavasti läpimenoaikoja, tehdä rakentamisprosessista joustavamman sekä pienentää hukkaa. (Eastman et al. 2011)

2.3.2 Toimitusketjun hallinta

Toimitusketjun hallinnalla tarkoitetaan fyysisten tuotteiden, palveluiden, informaation ja rahan hallintaa kaikkien niiden toimintojen välillä, joita toimitusketjussa esiintyy. Toimitusketjun hallinnan tavoitteena on saada oikea tuote oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan ja oikeaan hintaan. (O'Brien et al. 2009) Statustietojen jakamisella pyritään helpottamaan toimitusketjun hallintaa ja luomaan toimitusketjun prosesseista tehokkaampia parantamalla toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja kommunikointia osapuolten välillä.

Toimitusketjun hallinnassa asiakkaan tarpeiden täyttäminen ei perustu pelkästään kahden yrityksen väliseen toimintaan vaan pidempiin hankintaketjuihin. Toimitusketjun hallinnalla pyritään luomaan koko toimitusprosessista mahdollisimman tehokas ja sitä kautta alentamaan kokonaiskustannuksia. Toimitusketjun hallinnan kehittämisen painopiste on yritysten ja yritysverkostojen välisessä toiminnassa. Logistiikka liittyy oleellisesti toimitusketjun hallintaan, mutta kuitenkin täysin samasta asiasta ei ole kyse. Logistiikka terminä yhdistetään usein jakeluun, materiaalinkäsittelyyn ja kuljetukseen. Toimitusketjun hallinnalla taas halutaan korostaa toiminnon kokonaisvaltaista merkitystä yrityksen toiminnalle. (KETJU-yhteenvetoraportti 2009)

Rakentaminen on projektiluonteista liiketoimintaa. Projektiluonteinen toiminta poikkeaa paljon prosessiluonteisesta toiminnasta, sillä projektiluonteisessa toiminnassa jokainen kohde on ainutlaatuinen. Samaa toimintatapaa ei siis voida yleistää muihin kohteisiin. Projektiluonteiselle toiminnalle on yleistä epävarmuus ajoituksesta ja toimituksen tarkasta sisällöstä. Prosessiluonteiselle toiminnalle puolestaan on tyypillistä, että tuotteita valmistetaan määrällisesti paljon ja samat vaatimukset toistuvat usein. Siksi prosessiluonteisessa toiminnassa on helpompi luoda tietty tapa, jonka mukaan tulee toimia. (Behera et al. 2015)

Rakentamisessa toimitusketjun hallinta on erittäin vaikeaa projektiluonteista toiminnasta johtuen. Rakentamisprosessissa on tavallisesti useita osapuolia, jotka entuudestaan eivät välttämättä edes tunne toisiaan. Yhteistoiminta on usein lyhyttä ja sen kehittämistä hankaloittaa projektien hintakilpailuttaminen. Lisäksi toimitusketjun hallintaa hankaloittaa tiedon jakamisen vähäisyys ja motivaation puute jatkuvaan oppimiseen. (Behera et al. 2015) Myös aikataulumuutokset vaikeuttavat toimitusketjun hallintaa. Aikataulumuutokset voivat johtua esimerkiksi rakennusosien ja -materiaalien toimittajista, viime

hetken suunnitelmamuutoksista, säästä, työntekijöistä tai vaikeasta työvaiheesta, josta ei ole etukäteen kokemuksia.

Tärkeitä toimintoja projektikohtaisten tuotteiden toimitusketjussa ovat rakennusosien suunnittelu, valmistus, toimitus, vastaanotto ja asennus. Toimitusketjun hallinnalla pidetään huolta siitä, että nämä toiminnot tapahtuvat ajallaan ja lopulta saadaan työmaalle oikea tuote oikeaan aikaan, siten että työmaa on valmis vastaanottamaan tuotteen ja aloittamaan asennuksen. Projektikohtaisten tuotteiden toimitusketjussa esiintyy kuitenkin useita ongelmia:

- Toimitusketjun hallinta on työvoimavaltaista ja siinä joudutaan näkemään paljon vaivaa asiakirjojen tuottamiseen ja päivittämiseen.
- Piirustuksissa ja muissa asiakirjoissa on usein epä johdonmukaisuuksia, jotka ilmenevät vasta asennustyön yhteydessä työmaalla.
- Tietokoneohjelmiin tarvitsee syöttää samoja tietoja moneen kertaan, sillä jokainen kerta on erillistä käyttötarkoitusta varten.
- Työnkulussa on paljon tarkastusta vaativia välietappeja, joten uudelleen tehtävät työt ovat yleisiä ja kiertoajat pitkiä. (Eastman et al. 2011)

Statustietojen jakaminen tehokkaasti siihen tarkoitetulla ohjelmistolla tarjoaa ratkaisun useisiin edellä mainittuihin ongelmiin. Statustietojen jakamisella on mahdollista parantaa projektin osapuolten yhteistoimintaa ja auttaa tietoa kulkemaan helpommin ja läpinäkyvämmiin toimitusketjun osapuolten välillä. Statustietojen jakamiseen kehitetyn ohjelmiston avulla paperitöiden tekeminen vähenee ja toiminta tehostuu. Kun projekteissa käytetään tietomalleja, vähenevät myös epä johdonmukaisuudet piirustuksissa ja muissa asiakirjoissa. Lisäksi statustietojen jakaminen auttaa parantamaan tuotannon ennustettavuutta ja riskeihin varautumista, joten aikataulumuutoksiin varautuminen paranee.

Myös puskurivarastoja pidetään yleisesti tehokkaana tapana varautua epävarmuustekijöistä johtuviin riskeihin, jotka voivat aiheuttaa aikataulumuutoksia. Epävarmuustekijöitä voivat olla esimerkiksi myöhässä tulevat toimitukset, puutteelliset tilaukset ja laadulliset ongelmat. Suuri osa tästä epävarmuudesta johtuu helposti saatavissa olevan ja tarvan tiedon puutteesta, koskien tuotteiden ja materiaalien statusta toimitusketjun eri vaiheissa. Rakennusosien varastoimisen tarvetta työmaalle voidaan vähentää parantamalla toimitusketjun näkyvyyttä, mikä onnistuu toimitusketjun osapuolten keskinäistä tiedonvaihtoa tehostamalla. Kun tiedonvaihto osapuolten välillä lisääntyy, kasvaa myös osapuolten tietoisuus toimitusketjun tilasta. (Young et al. 2011)

Riittämätön statustietojen vaihto ja reaaliaikaisen tiedon puute projektin tai yksittäisten rakennusosien statuksesta johtaa tavallisesti ongelmiin, kuten useaan kertaan tehtävään työhön ja myöhästymisiin. Lisäksi kustannukset kasvavat ja tuottavuus alenee. Logistiikkaa ja tuotantoa auttaisi paljon päätöksenteossa tarkka ja ajan tasalla oleva statustie-

to. Sen avulla päätöksiä voitaisiin tehdä aikaisemmin ja perustuen tarkempaan tietoon siitä, mitä toimitusketjussa tapahtuu. (Ikonen et al. 2013)

Talonrakentamisessa toimitusketjun hallinnassa on paljon mahdollisuuksia kehitystoiminnalle. Yritysten välisellä pitkäkestoisella kumppanuudella voisi olla monia mahdollisuuksia kehittää toimintaa, mutta hintakilpailuttamisen perinne ja markkinatilanteiden muutokset vaikuttavat hankintamenettelyihin ja toimittajien vaihtumiseen. Yhdessä nämä vaikeuttavat kumppanuustoimintaan siirtymistä. Pitkäjänteisen yhteistyön kehittäminen vaatii organisaatioilta strategisen tason sitoutumista, jota ei ole helppo saavuttaa. Toimitusketjun hallinnan kehittäminen on samalla osa tuotannon kehittämistä, sillä toimitusten täsmällisyydestä ei ole apua, jos työmaa ei itse pysy sovituksessa aikataulussa. (KETJU-yhteenvetoraportti 2009)

Toimituksissa sekä niiden suunnittelussa ja ohjauksessa tapahtuvat virheet tulevat usein näkyviin vasta työmaalla. Työmaan on tärkeä tiedottaa toimittajille rakentamisvaiheen suunnitelma- ja aikataulumuutoksista ja toimittajien puolestaan on tärkeä tiedottaa työmaalle toimitusaikojen muutoksista. Mikäli tiedottaminen epäonnistuu osapuolten välillä, viivästyvät työt, minkä seurauksena joudutaan tekemään epätaloudellisia toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi. Toimitusten ohjausta hankaloittaa myös se, että työmaalla ei välttämättä ole tarkasti ja luotettavasti tiedossa, mitkä materiaalit ovat vastaanotettu, ja mitkä ovat asennettuna tai varastoituna työmaalle. (KETJU-yhteenvetoraportti 2009)

Statustyökalun säännöllinen ja järjestelmällinen käyttö tarjoaa ratkaisun tähänkin ongelmaan, koska työkalun avulla pystyy helposti tarkastamaan elementtien statukset, joista käy ilmi elementin senhetkinen tila toimitusketjussa. Toimitusketjun hallinnan parantamiseksi on kehitetty statustyökalun lisäksi useita eri tiedonhallintajärjestelmiä toimitusketjun tilanteen seuraamiseksi. O'Brien et al. (2009) nimeävät toimitusketjun hallintaa varten kehitetyiksi ratkaisuiksi:

- tunnistetiedot (viivakoodit, tekstintunnistus, kosketusmuisti ja RFID)
- paikallistamis- ja seurantajärjestelmät (sisätiloissa radiotaajuus-, ultraääni- ja magneettiperusteiset tavat ja ulkotiloissa GPS-GIS -järjestelmä)
- 2D/3D kuvantaminen laadun parantamiseksi ja vikojen huomaamiseksi (tavalliset kamerat, 3D-kamerat sekä laser-skannerit)
- erilaiset anturit (esimerkiksi lämpötilaa, lujuuutta ja kosteutta aistivat sensorit)
- datansiirron eri mahdollisuudet (mobiililaitteet ja puettava teknologia).

2.4 Lean -filosofia

Toimitusketjun yhteistoiminnan parantaminen ja tuotannon tehostaminen statustietojen jakamisen avulla liittyvät oleellisesti Lean -filosofian mukaisen ajattelutavan soveltamiseen. Tässä luvussa kerrotaan Lean -filosofian historiasta ja periaatteista sekä selitetään muutamia Lean Construction menetelmiä ja työkaluja.

2.4.1 Historia

Lean -filosofia on lähtöisin autoteollisuudesta. Sen kehittäjänä pidetään Toyotan insinööriä, Taiichi Ohnoa, joka mullisti ajattelun prosessin tehottomuudesta ja hukasta 1950-luvulla. Tämän seurauksena syntyi Toyota Production System (TPS), jonka käyttö on auttanut Toyotaa pääsemään 1950-luvun pienestä rekkoja valmistavasta yrityksestä maailman suurimmaksi autonvalmistajaksi vuoteen 2007 mennessä. (Gao & Low 2014)

Ohno keskittyi huomioimaan koko prosessin tehokkuuden sen sijaan, että tarkasteltiin vain työntekijöiden ja tuotantokoneiden tuottavuutta yksittäisissä työpisteissä. Autojen massatuotanto oli Ohnolle ja muille japanilaisille insinööreille tuttua heidän vierailtuaan amerikkalaisissa autotehtaissa tavoitteenaan löytää uusia menestyviä ideoita. Vaikka amerikkalaiset näkivät omissa tehtaissaan tehokkuutta, näki Ohno hukkaa kaikkialla. Hän huomasi, että tehtaista valmistui paljon viallisia tuotteita ja tehtaissa oli suuria väli-varastoja, jotka olivat seurausta ylituotannosta. Ohno seurasi Henry Fordin tekemää työtä ja jatkoi virtaukseen perustuvan tuotannon kehittämistä. Ohno kehitti selkeät tavoitteet tuotantosysteemille: tarjota autoja asiakkaiden yksilöllisiin tarpeisiin, toimittaa valmis auto välittömästi ja poistaa varastot. (Howell 1999)

Visiona Ohnolla oli saada tuotantojärjestelmästään luotettava ja ennustettavissa oleva. Virheistä johtuvaa uudelleen tehtävää työtä hän ei hyväksynyt lainkaan, koska se vähensi suoritustehoa ja lisäsi epäluotettavaa työtahtia. Tavoitteisiin päästäkseen Ohno edellytti työntekijöitään pysäyttämään tuotantolinjan, mikäli he saivat viallisen tuotteen aiemmalta työpisteeltä. Tällä tavoin hän uskoi vähentävänsä hukkaa nostamalla heti esiin ongelmat. Ohno myös kehitti tuotantojärjestelmään yksinkertaisen tavan viestittää osien tarpeesta työpisteiden välillä. Tästä kehittyi tuotannon imuohjaus. (Howell 1999)

Imuohjaus korvasi vanhan tavan johtaa tuotantoa työntöohjauksen avulla. Työntöohjaus vaati ongelmatilanteiden vuoksi suuria varastoja, jotka taas sitoivat paljon pääomaa. Imuohjauksen avulla luotiin strategia varastojen hallintaan ja varastojen kokoja ja läpimenoaikoja saatiin pienennettyä. Samalla vapautui pääomaa isoista varastoista ja muutosten tekemisestä tuotantolinjalla tuli helpompaa. Lisäksi Ohno pyrki luomaan tuotantojärjestelmästä mahdollisimman läpinäkyvän käyttämällä tuotantojärjestelmän tilaa kuvaavia infotauluja. Läpinäkyvyys salli ihmisten tehdä tuotantojärjestelmän tavoitteita tukevia päätöksiä ja vähensi tarvetta ylemmälle työnjohdolle. (Howell 1999)

Toyota Production Systemiin perustuen on syntynyt ajattelutapa Lean -filosofiasta. Toyotan ulkopuolella TPS tunnetaan termillä Lean, koska tätä termiä käytettiin menestyneissä kirjoissa koskien Toyota Production Systemiä (Liker 2004). Rakentaminen poikkeaa kuitenkin monella tapaa tuotteiden valmistamisesta tehtaissa. Siksi rakennuslalle on kehitetty Lean Construction, joka pyrkii huomioimaan Leanin opit juuri rakentamisprosessin näkökulmasta.

2.4.2 Periaatteet

Yksinkertaisuudessaan Lean on tapa suunnitella tuotantojärjestelmä siten, että hukkaa syntyy mahdollisimman vähän materiaaleista, ajasta ja työskentelystä, jotta saadaan tuotettua arvoa niin paljon kuin mahdollista (Koskela et al. 2002). Arvolla tarkoitetaan Leanista puhuttaessa asiakkaan kokemaa arvoa. Silti arvon tarkka määrittäminen on usein vaikeaa tuotteen valmistajalle (Womack & Jones 2003). Arvoa tuottaakseen pyritään Leanin oppien mukaisesti karsimaan kaikki ylimääräinen hukka pois. Lähtökohtana Leanissa onkin, että kaikki toiminnot, jotka eivät tuota tuotteelle lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta, ovat hukkaa (Womack et al. 1990).

Ohno (1988) määritteli alun perin hukkaa olevan seitsemää eri tyyppiä: virheet, odottaminen, liialliset varastot, tarpeeton kuljettaminen, tarpeeton liikkuminen, ylituotanto ja tarpeettomat prosessit. Usein listaan on pyritty lisäämään myös kahdeksas hukkatyyppi. Lähteistä riippuen kahdeksas hukka kuitenkin vaihtelee. Esimerkiksi Liker (2004) nimittää kahdeksanneksi hukaksi työntekijöiden käyttämättömän luovuuden, Macomber & Howell (2004) puhumattomuuden ja kuuntelemattomuuden, Womack & Jones (2003) työntekijöiden vähäisen hyödyntämisen ja Koskela (2004) hukan, jota hän kutsuu nimellä making-do. Kyseinen hukka tarkoittaa sitä, että työt aloitetaan, vaikka kaikki työn tekemiseen tarvittavat panokset, kuten työntekijät, materiaalit, työkalut tai suunnitelmat eivät olisi vielä saatavilla (Koskela 2004).

Bølviken et al. (2014) esittämän teorian mukaan hukkien jakaminen alkuperäiseen seitsemään ryhmään ei kuvaa tarpeeksi hyvin rakentamisprosessissa muodostuvaa hukkaa. Tämän teorian mukaan kuvaavampaa olisi jakaa rakentamisprosesseissa muodostuvat hukat kolmeen pääkategoriaan: materiaalihukka, aikahukka ja arvohukka (Bølviken et al. 2014). Tätä teoriaa kutsutaan nimellä transformation/flow/value (TFV) -teoria ja taulukossa 2.1 on esitetty tarkemmin hukkien jako näihin kolmeen TFV -teorian kategoriaan.

Taulukko 2.1. Hukkatyypit TFV-teorian mukaan jaoteltuna (Bølviken et al. 2014)

	Muutos	Virtaus	Arvo
Tuotannon resurssi	Materiaalit, koneet, energia ja työntekijät	Aika	
Hukkatyyppi	Materiaalihukka	Aikahukka	Arvohukka
Hukat	-Materiaalihukka -Epäoptimaalinen materiaalin käyttö -Epäoptimaalinen koneiden, energian ja työvoiman käyttö	Työnkulussa -Tarpeeton liikkuminen -Tarpeeton työ -Tehoton työ -Odottaminen Tuotteen valmistuksessa -Tilat, joissa ei tehdä työtä -Materiaalit, joita ei käytetä -Tarpeeton materiaalien siirtely	Päätuote -Laadun puute -Käyttötarkoituksen puute Sivutuote -Haitalliset päästöt -Loukkaantumiset ja työhön liittyvät sairaudet

Hukan poistamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota suunniteltaessa tuotantoprosessia. Ensin hukka täytyy kuitenkin pystyä tunnistamaan, mikä ei aina ole helppoa. Hukan poistamisen tarkoituksena on keskittyä tekemään sitä, mikä tuottaa arvoa. Samalla saadaan tuotantojärjestelmästä tehtyä tehokas.

TPS:n toimintaa on pyritty kuvaamaan periaatteilla, joita Toyota on noudattanut omassa tuotannossaan. Liker (2004) nimeää kirjassaan 14 periaatetta, joiden avulla Toyota on saavuttanut menestystä. Samalla nämä periaatteet muodostavat TPS:n kivijalan. Kyseiset periaatteet ovat ryhmiteltynä neljään kategoriaan, jotka ovat filosofia, prosessi, ihmiset ja kumppanit sekä ongelmanratkaisu. Nämä 14 periaatetta ryhmiteltynä omiin kategorioihin ovat:

Filosofia

1. Päätökset tulee tehdä pitkän tähtäimen filosofian pohjalta, silti vaikka se olisi haitaksi lyhyellä tähtäimellä.

Prosessi

2. Luo prosessiin jatkuva virtaus tuodaksesi esiin ongelmat.
3. Käytä imuohjausta välttääksesi ylituotantoa.
4. Tasapainota työmäärää.

5. Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmat laadun saavuttamiseksi heti ensimmäisellä kerralla.
6. Standardoidut tehtävät ovat perusta jatkuvalle kehitymiselle ja työntekijöiden opimiselle.
7. Käytä visuaalista ohjausta pitääksesi ongelmat poissa piilosta.
8. Käytä vain luotettavaa ja huolella testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja.

Ihmiset ja kumppanit

9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille.
10. Kehitä poikkeuksellisen taitavia ihmisiä ja ryhmiä, jotka seuraavat yrityksesi filosofiaa.
11. Kunnioita yhteistyökumppaneiden ja alihankkijoiden muodostamaa verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään.

Ongelmanratkaisu

12. Käy itse paikan päällä ymmärtääksesi tilanteen perusteellisesti.
13. Tee päätökset hitaasti ja yksimielisyyden pohjalta tarkkaan harkiten jokaista vaihtoehtoa. Päätöksenteon jälkeen toteuta päätökset nopeasti.
14. Tee yrityksestäsi oppiva organisaatio jatkuvan arvioinnin ja parantamisen kautta. (Liker 2004)

Edellä mainitut 14 periaatetta voidaan tiivistää vielä viideksi Leanin peruseriaatteen. Jokainen viidestä peruseriaatteesta auttaa karsimaan hukkaa sekä tekemään tuotantojärjestelmästä tehokkaamman. Viideksi peruseriaatteen Womack & Jones (2003) nimeävät kirjassaan:

1. Asiakkaan kokeman arvon tarkka määrittäminen.
2. Arvovirran tunnistaminen.
3. Virtauksen luominen ilman häiriöitä.
4. Imuohjauksen käyttäminen.
5. Pyrkiminen täydellisyyteen. (Womack & Jones 2003)

Asiakkaan kokeman arvon tarkka määrittäminen: Arvo tulee määrittää asiakkaan näkökulmasta ja arvo tulee määrittää erikseen jokaiselle tuotteelle ja palvelulle. Usein asiakasta ei kiinnosta tuotteen valmistuksen välivaiheet tai prosessit, vaan asiakas on kiinnostunut pelkästään lopputuotteesta. Asiakas arvostaa tavallisesti häntä palvelevia tuotteita, jotka ovat räätälöity paikallisiin oloihin. (Womack & Jones 2003)

Huomion kiinnittäminen loppukäyttäjän tarpeisiin on keskeinen osa Lean Constructionia (Jørgensen & Emmitt 2009). Loppukäyttäjän tarpeet tulee ymmärtää ja asiakkaalle

pitää tarjota sitä, mitä hän tarvitsee, ei sitä, mitä hän pyytää (Styhre et al. 2004). Muuten asiakas voi saada itselleen jotain sellaista, mikä ei palvele hänen tarpeitaan. Lisäksi arvon määrittäminen tulee tehdä rakennuksen koko elinkaaren näkökulmasta (Jørgensen & Emmitt 2009).

Arvovirran tunnistaminen: Arvovirta tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka tuotteen suunnittelussa, valmistuksessa ja toimituksessa tulee suorittaa, jotta tuote saadaan tehtyä valmiiksi ja toimitettua asiakkaalle. Arvovirtaan kuuluvat kaikki toiminnot, eivät pelkästään ne, jotka luovat arvoa. Ennen arvovirran tunnistamista tulee kuitenkin määrittää asiakkaan kokema arvo. Arvovirran tunnistaminen tulee suorittaa erikseen jokaiselle tuotteelle tai tuoteperheelle. Arvovirran tunnistamisessa esille tulee tavallisesti kolmen tyyppisiä toimintoja: arvoa tuottavia, arvoa tuottamattomia, mutta pakollisia ja arvoa tuottamattomia. Arvovirran tunnistaminen on hyödyllistä, koska se auttaa tunnistamaan arvoa ja hukkaa aiheuttavia toimenpiteitä. Hukan tunnistamisen jälkeen voidaan keskittyä karsimaan se pois toimitusketjusta. (Womack & Jones 2003)

Arvovirran hallinta tarkoittaa materiaaaliveirtoihin liittyvän informaation hallintaa aina toimittajalta loppukäyttäjälle asti. Koko arvovirran hallinnalla pystytään hallitsemaan varastoja, nopeuttamaan prosesseja sekä parantamaan asiakastytytyvääisyyttä. Kun kaikki tuotteen arvovirtaketjussa toimivat tahot saadaan kunnolla motivoitua toimintaan, eivät ketjun jäsenet ajattele pelkästään omaa menestymistään, vaan myös muiden ketjussa toimijoiden menestymistä. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Virtauksen luominen ilman häiriöitä: Arvovirran tunnistamisen ja hukkaa tuottavien toimintojen karsimisen jälkeen arvoa tuottavat toiminnot tulee järjestää jatkuvasti virtaavaksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena on laatia järjestelmä, jossa tuote siirtyy prosessissa arvoa tuottavien toimintojen välillä ilman häiriöitä. (Womack & Jones 2003)

Rakennuslalla virtauksen luominen ilman häiriöitä edellyttää toimitusketjun tiivistä yhteistyötä. Yhteistyön ei tulisi koostua ainoastaan pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden yhteistyöstä, vaan sen tulisi kattaa myös rakennusosien ja -materiaalien valmistajat ja toimittajat. Lisäksi materiaalien ja tiedon hallintaan tulisi luoda selkeä järjestelmä. (Bertelsen & Koskela 2004) Rakennuslalla täytyy myös tarkastella tehokkuutta koko projektin näkökulmasta, jotta ei keskitytä optimoimaan vain välitavoitteita. Koko rakennusprosessin luotettava työtahti on paljon tärkeämpi kuin yksittäisen työvaiheen nopeus tai kustannus. (Winch 2006)

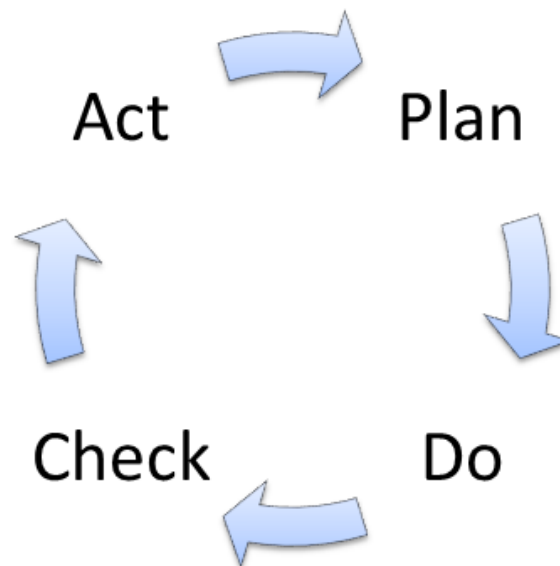
Imuohjauksen käyttäminen: Yrityksen tarkoituksena on vastata asiakkaan tarpeista. Asiakkaan halu ja tarve muodostaa yritykselle imun. Imuohjauksella tarkoitetaan juuri sitä, että tuotetaan vain asiakkaan tarvitsema tuote asiakkaan haluamaan ajankohintaan. Ilman imua ei yrityksellä ole syytä valmistaa tuotetta. Tuotantojärjestelmässä prosessien välille muodostuu yrityksen sisäisiä asiakkaita. Vastaavasti sisäisille asiakkaille tulee yrityksen tarjota vain sitä, mitä he tarvitsevat. Tuotteita valmistetaan siis vain asi-

akkaiden tarpeisiin, joten imuohjauksen avulla varastoinnin tarve vähenee ja pääomaa sitoutuu vähemmän ja lyhyemmäksi ajaksi. (Womack & Jones 2003)

Pyrkiminen täydellisyyteen: Vaikka edellä mainituilla neljällä periaatteella tuotannosta saataisiin tehtyä aiempaa tehokkaampi, ei silti tule ajatella, että tuotantojärjestelmää ei tarvitse enää parantaa. Jatkuvan parantamisen periaatteena on, että prosesseista löytyy aina jotain parannettavaa. Täydellisyyteen pyrkiminen ei siis pääty koskaan. (Womack & Jones 2003)

Yksi tapa rakennusallalla täydellisyyteen pyrkimisessä on kehittää pitkäjänteistä toimintaa yritysten kesken. Siten saadaan luotua kestäviä parannuksia, joita pystyy hyödyntämään myös tulevilla projekteilla. Pitkäjänteisen toiminnan kehittäminen on tärkeää hukan karsimiseksi ja tuotannon tehostamiseksi. (Eriksson 2010)

Täydellisyyteen pyrkimisessä apuna voidaan käyttää Demingin kehittämää laatuympyrää, joka tunnetaan myös nimellä plan, do, check, act (PDCA) -sykli. Suomennettuna sykli tarkoittaa suunnittele, toteuta, tarkista ja toimi. Ajatuksena on, että aluksi suunnitellaan prosessin toiminta, sitten toteutetaan kyseinen suunnitelma, jonka jälkeen tarkistetaan, miten suunnitelma todellisuudessa on toiminut. Lopuksi keskustellaan suunnitelman toimivuudesta ja tehdään tarvittaessa korjauksia. (Salem et al. 2006) Syklin suorittamisen jälkeen aloitetaan prosessi alusta eli siirrytään taas ensimmäiseen vaiheeseen suunnittelemaan prosessin toimintaa. PDCA-sykli on esitetty kuvassa 2.9.



Kuva 2.9. Demingin kehittämä PDCA -sykli

Lean Constructionin tarkoitus on saada tuotanto kulkemaan ilman ongelmia mahdollisimman tehokkaasti. Yrityksen tulee pystyä tunnistamaan arvon luomisen kannalta tärkeät toiminnot ja prosessit. Pelkästään prosessien huomioiminen ei kuitenkaan riitä, vaan toiminnassa on otettava huomioon myös ihmisten ja teknologioiden asettamat ra-

joitteet (Merikallio & Haapasalo 2009). Lean Construction tarjoaa useita työkaluja tuotannon tehostamiseksi. Silti tulee muistaa, että Lean Construction ei ole pelkkä joukko työkaluja, vaan ajattelutapa. Likerin (2004) mukaan monet yritykset Leanin käyttöön otossa ovat olleet melko pinnallisia, koska yritykset ovat keskittyneet liikaa työkalujen käyttöön sisäistämättä Leania kokonaisena järjestelmänä, joka tulee istuttaa organisaation kulttuuriin.

Lean Construction instituutit pyrkivät luomaan rakennuslalle täydellisen toimituksen hallintamenetelmää nimeltä Lean Project Delivery System (LPDS). LPDS on tapa suunnitella ja toteuttaa isoja investointeja rakennuslalla. LPDS kuvaa ne vaiheet, jotka tarvitaan tuotteiden ja palveluiden toimittamiseen asiakkaalle projektina. Toimitus alkaa projektin määrittelystä ja päättyy investoinnin käyttämiseen sen suunnittelussa tarkoituksessa. Lisäksi elinkaaren vaatimukset muunneltavuudelle otetaan huomioon suunnittelussa. (Merikallio & Haapasalo 2009) Ballardin (2008) mukaan projektin suunnittelussa tärkein lähtökohta on se, että projektitiimi auttaa asiakasta ratkaisemaan sen tarpeet, eikä vain rakenneta sitä, mitä asiakas pyytää. LPDS noudattaa Lean -filosofiaa ja tarjoaa käytettäväksi monia työkaluja ja periaatteita helpottamaan projektin toimittamista asiakkaalle.

2.4.3 Lean Construction menetelmät ja työkalut

Just-in-time (JIT): JIT tuotanto tarkoittaa sitä, että valmistetaan ja kuljetetaan mahdollisimman nopeasti vain se määrä mitä tarvitaan, silloin kun tarvitaan, sinne missä tarvitaan. Tuotteita valmistetaan siis vain asiakkaan tilauksesta, eikä ylimääräisiä varastoja pidetä. (Merikallio & Haapasalo 2009) Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kaikki osat toimitetaan viimeisellä minuutilla. Toimituksen tulee pikemminkin tapahtua sopivaan aikaan, siten että tuotanto virtaa sulavasti. Virtauksen saavuttamiseksi myös tarpeelliset varastot ovat täysin sallittuja. (Ballard et al. 2002)

Last Planner: Last Planner on projektituotantoon kehitetty ohjausmenettely. Sen avulla pyritään häiriöttömään ja tehokkaaseen aikataulutehtävien toteuttamiseen. Suomennettuna Last Planner tarkoittaa viimeistä suunnittelijaa. Rakennustyömaalla viimeinen suunnittelija on se henkilö, joka toimeenpanee tehtäviä. (Merikallio & Haapasalo 2009) Vaiheet, joista Last Planner -menetelmä koostuu, on esitetty kuvassa 2.10.



Kuva 2.10. Last Planner -menetelmän vaiheet. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Last Planner -menetelmä keskittyy lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. Erilaisin säännöin ja menettelytavooin pyritään siihen, että viikkosuunnitelman jokaisen tehtävän käynnistyessä kaikki edellytykset ovat olemassa siihen, että tehtävä voidaan suorittaa häiriöttä, ja että se valmistuu suunnitelman mukaisesti. Last Planner -menetelmässä seurataan myös viikkosuunnitelman tehtävien toteutumisastetta ja selvitetään syyt tehtävien toteutumatta jäämiseen. Syihin vaikuttamalla tavoitellaan viikkosuunnitelman toteutumisasteen kohoamista. Yhtenä osana Last Planner -menetelmää on rullaava valmisteleva suunnittelu, jonka tärkein tarkoitus on varmistaa viikkotehtävien aloitusedellytykset 4-6 viikon tähtäimellä. Tavoitteena on ylläpitää riittävästi aloituskelpoisia viikkotehtäviä. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Last Planner -menetelmän keskeisiä ajatuksia ovat informaation jakaminen ja omaa vastuualuetta laajempi ymmärrys tehtävien toteuttamisesta. Siksi onkin tärkeää, että kaikille osapuolille välittyy tieto siitä, mitä kukin taho on luvannut kyseisellä ajanjaksolla toteuttaa. Monesti tämä tieto jaetaan kaikille yhteisessä viikkosuunnittelupalaverissa. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Last Planner -menetelmällä on havaittu olevan useita hyötyjä: tuottavuuden tehostuminen, työturvallisuuden parantuminen, tehtävien toteutuksen ennustettavuuden helpottu-

minen ja läpimenoaikojen lyhentyminen. Lisäksi laatu paranee suunnitelmallisuuden ja aikataulutehtävien paremman hallittavuuden avulla. (Merikallio & Haapasalo 2009)

5S: 5S on työkalu siisteyden saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Siisteydellä on suuri merkitys asiakkaan saamaan kuvaan yrityksestä ja työmaan ensivaikutelmasta. Lisäksi epäjärjestys työpaikalla voi pidentää läpimenoaikoja, madaltaa tuottavuutta, lisätä toimintakustannuksia, vaikuttaa toimitusten viivästymiseen ja aiheuttaa turvallisuusriskejä. 5S:n tarkoituksena on luoda kurinalainen, visuaalinen, siisti ja hyvin järjestetty työympäristö. (Merikallio & Haapasalo 2009) 5S:ää tulee seuraavista englanninkielisistä sanoista (Burton & Boeder 2003):

1. Sort (Lajittele): Työpisteellä tulisi olla ainoastaan ne työvälineet, joita siinä tarvitaan.
2. Set in order (Järjestä): Työkalut ja osat tulee tunnistaa ja järjestää siten, että niitä on helppo käyttää.
3. Shine (Puhdista): Työpiste tulee puhdistaa säännöllisesti.
4. Standardize (Standardoi): Edellä mainituista kohdista tehdään päivittäinen rutini.
5. Sustain (Ylläpidä): Koulutetaan ja kannustetaan työntekijät noudattamaan aina 5S:ää. (Burton & Boeder 2003)

5*Miksi: Viisi kertaa miksi on ongelmanratkaisumenetelmä. Sen avulla pyritään etsimään perimmäinen syy olemassa olevaan ongelmaan. Menetelmä on hyvin yksinkertainen käyttää. Menetelmässä kysytään miksi niin monta kertaa, että konkreettinen, todellinen ja muutettavissa oleva ongelman aiheuttaja löytyy. Kysymys esitetään tarvittavan monta kertaa. Ongelma saattaa ratketa jo heti toisella kysymyksellä, mutta voi vaatia enemmänkin kuin viisi kysymystä. Pääsääntö on kuitenkin, ettei tyydytä ensimmäiseen vastaukseen. Numero viisi menetelmän edessä onkin vain viitteellinen. Ongelmanratkaisuun voi osallistua tiimi, tuotantolinja tai erikseen koottu asiantuntijaryhmä. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Visuaalinen ohjaus: Visuaalisella ohjauksella pyritään aikaansaamaan koko yhtiön kattava järjestelmä, johon kuuluvat työpisteen organisointi, standardointi, visuaalinen näyttö sekä visuaaliset mitat (Burton & Boeder 2003). Visuaaliseen ohjaukseen kuuluu myös, että työkalujen ja materiaalien paikat on selvästi merkitty (Hobbs 2004). Visuaalisen ohjauksen tarkoituksena on välittää tietoa tehtävästä työstä työntekijöille. Tällöin työntekijältä ei kulu turhaa aikaa asioiden selvittämiseen, vaan työntekijä voi keskittyä oleelliseen, eli työn suorittamiseen. Visuaalisella ohjauksella voidaan esimerkiksi ilmoittaa suoritettava työ, miten työ tulee suorittaa tai keskeneräisen työn tila. (Liker 2004)

Tiimityö: Tiimityö edesauttaa informaation kulkua, strategian muodostamista sekä päätöksentekoa. Toimivassa tiimityössä työntekijöiden välillä informaatio kulkee avoimes-

ti. Lisäksi työntekijöiden välillä vallitsee luottamus, uskottavuus ja vilpittömyys. Tiimityö sopii erityisesti monimutkaisten ongelmien ratkaisuun, jotka vaikuttavat useaan eri osastoon organisaatiossa. Tiimityö sopii myös kehitysprojekteihin, joissa keinoa tai tuloa ei osata aluksi määrittää. Tiimityöstä on apua, koska sen avulla saadaan erilaisia mielipiteitä ja näkökulmia. Usein tuloksena saadaan ratkaisuja, joita tiimin jäsenet eivät olisi yksin keksineet. Tiimiin kuuluvien jäsenten täytyy työskennellä yhdessä työhön liittyvien perusasioiden kanssa. Tärkeää tiimin yhteistyön laadussa onkin, että vastuualueet jaetaan tiimin osapuolten kesken tarkasti. Tiimin jäsenillä täytyy olla myös yhteisesti sovittu aikataulu, budjetti sekä heiltä odotettu työn tulos, jotta työ onnistuisi tehokkaasti. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Standardointi: Standardoinnin avulla voidaan vakiinnuttaa parhaat menetelmät ja työjärjestykset tehokkuuden optimoimiseksi ja hukan minimoimiseksi. Standardoinnissa työmenetelmä dokumentoidaan ja opetetaan sen jälkeen työntekijöille. Tällöin työvaihe suoritetaan aina samalla tavalla riippumatta työn suorittajasta. Jos kaikki toiminnot standardoidaan, on työntekijöiden ja johdon helppo huomata ongelmat, koska standardista poikkeaminen herättää heti huomiota. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Työsuoritusten standardoinnin lisäksi rakennustyömailla tulisi käyttää standardoituja osia. Standardoitujen osien jatkuva käyttö helpottaa huomattavasti asennustyötä, koska työntekijät tuntevat kyseiset rakennusosat ja oppivat jatkuvasti asennuksesta, sillä he joutuvat käyttämään toistuvasti samoja osia. Rajoitettujen osien käyttö pitää myös ongelmien muodostumisen minimissään. (Ballard et al. 2002)

Lean mittarit: Prosessien suorituskyvyn mittaaminen on toiminnan kannalta tärkeää, koska se antaa tietoa yrityksen toiminnasta ja auttaa tavoitteiden asettamisessa. Mittausten avulla toimintaa voidaan myös johtaa tavoitteiden saavuttamiseksi. Prosessimittareita on olemassa monia erilaisia. Se, mitä mittaria milloinkin tulee käyttää, riippuu pitkälti yrityksen toiminnan luonteesta. Lean -filosofiasta johdetut mittarit kertovat prosessien arvoa tuottavista toiminnoista, arvovirrasta, hukasta, hajonnasta sekä ihmisten toiminnasta. (Merikallio & Haapasalo 2009) Erilaisia mittareita ovat esimerkiksi seuraavat:

- Arvoa tuottava toiminta: Lisäarvoa tuottava aika (%) koko prosessin suorittamiseen kuluneesta ajasta, tuotteen valmistukseen menevä läpimenoaika.
- Hukka: Odotusaika, varaston kiertoaika, varaston pääomakustannus/aikajakso, varaston hävikki, virheiden korjauskustannukset.
- Hajonta: Toimitusten täsmällisyys, tuotteiden suunnitelmanmukaisuus, tehtävien toteuttamisen luotettavuus.
- Ihmisten toiminta: Sattuneet onnettomuudet ja tehtyjen aloitteiden määrä. (Merikallio & Haapasalo 2009)

3. STATUSSEURANNAN OHJELMISTORATKAISUT

3.1 Nykyisiä ohjelmistoja ja ratkaisuja

Kuten jo luvussa 2.1.2 tuli esille, on statustietojen jakamiseen eri tietojärjestelmien välillä olemassa erilaisia järjestelmäarkkitehtuureja. Kuitenkaan yleisesti levinnyttä statustietojen jakamiseen tarkoitettua järjestelmää ei vielä ole kehitetty. Yksittäisillä toimitusketjun osapuolilla on silti ollut omaan toimintaansa liittyviä järjestelmiä, joilla oman organisaation sisäistä tilanneseuranta on voinut tehdä. Yksi tavallisimmista esimerkeistä on tuoteteollisuusyritysten toiminnanohjausjärjestelmät eli ERP:it.

Toiminnanohjausjärjestelmillä pyritään parantamaan yrityksen tehokkuutta integroimalla samaan järjestelmään eri osastoja palvelevia osioita. Toiminnanohjausjärjestelmään voidaan tavallisesti syöttää tietoja esimerkiksi tuotannon ja tuotteiden suunnittelusta, valmistuksesta, materiaali- ja varastohallinnasta, toimituksesta ja myynnistä. Tiedot tallennetaan samaan tietokantaan, jolloin reaaliaikaisen tiedon jakaminen yrityksen eri osastojen välillä on helppoa. Toiminnanohjausjärjestelmiä käytetään helpottamaan yrityksen prosessien johtamista ja hallinnointia. (Wagner & Monk 2009)

Käytännössä ERP:it pitävät siis sisällään myös paljon valmistettavan tuotteen statustietoja. Esimerkiksi tähän tutkimukseen osallistuneen elementtitoimittajan ERP:ssä on tietoja muun muassa elementtien hienokuormituksesta, valusta, varastoinnista ja toimituksesta. Heidän ERP on kuitenkin tarkoitettu yrityksen sisäiseen käyttöön, ja siksi toimitusketjun muut osapuolet eivät suoraan pysty näkemään siellä olevia tietoja.

Joissakin tietomalliohjelmistoissa on myös statustietojen kirjaamiseen tarkoitettuja työkaluja. Esimerkiksi ohjelmistoyritys RIB Software SE on kehittänyt työmaiden käyttöön iTWO-tietomalliohjelmiston. Kyseinen ohjelmisto on tarkoitettu työmaille lukuisten eri prosessien suorittamiseen, kuten aikatauluttamiseen, kustannusseurantaan ja paikan päällä tapahtuvaan raportointiin työn edistymisestä, mikä siis vastaa statustietojen kirjaamista. (RIB Software SE Site Management with iTWO)

Myös Tekla Structures -tietomalliohjelmistossa on ominaisuus, jonka avulla statustietoja pystyy merkitsemään rakennusosiin. Kyseisen statustyökalun nimi on Tekla Status Tool. Sitä pystyy käyttämään yrityksen sisäiseen tilanteen seurantaan, mutta sen avulla ei kuitenkaan pysty vaihtamaan statustietoja osapuolten kesken. Pilotointiin osallistuneella suunnittelutoimistolla Tekla Status Tool on ollut jo aiemmin käytössä, ja suunnittelijat ovat sen avulla merkinneet tietomalliin suunnittelun tilanteen. Kyseisiä tietoja on

pystytty hyödyntämään sisäiseen projektinhallintaan sekä toisen henkilön suunnittelutalanteen tarkistamiseen hankkeissa, joissa on useita suunnittelijoita.

Ohjelmistosuunnittelussa kehityssuunta on kuitenkin se, että yritykset pyrkivät luomaan ohjelmistoa, jonka avulla statustietoja voidaan vaihtaa helposti ja reaaliaikaisesti toimitusketjun osapuolten välillä. Tätä tarkoitusta varten on kehitetty myös pilottihankkeissa testauksessa ollut Trimble Connectin Status Sharing -työkalu. Se ei kuitenkaan ole ainoa kehitteillä oleva statustietojen vaihtamisen ratkaisu. Esimerkiksi RIB ja Flex kehittävät yhdessä Y TWO Formative -järjestelmäratkaisua.

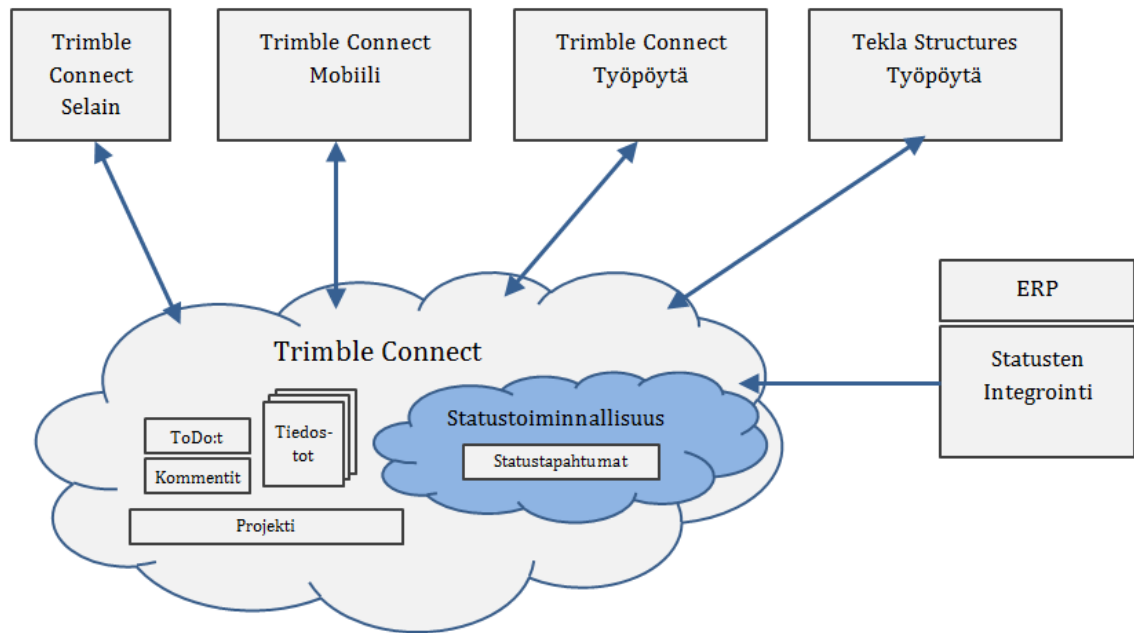
Y TWO Formativen on tarkoitus olla paljon muutakin kuin statustietojen jakamiseen tarkoitettu ohjelmisto. Siitä pyritään tekemään kokonaisvaltainen toimitusketjun hallinnan työkalu. Se toimii Trimble Connectin tavoin pilvipalveluna. Statustietojen lisäksi ohjelmaan pyritään kehittämään esimerkiksi tilausten tekemistä ja seurantaa palvelevat ominaisuudet, reaaliaikainen materiaalien sijainnin seuranta sekä automaattinen toimitusten ohjaus aikataulutietoon perustuen. (RIB Software SE Y TWO Formative)

3.2 Testatun järjestelmän yleiskuvaus

Tämä tutkimus on tehty osana DRUMBEAT-projektia, jonka päätavoitteena on ollut kehittää verkkopohjaista tapaa julkaista ja linkittää tietomallien tietoa. Menetelmä perustuu siihen, että tietomalleissa oleva tieto muutetaan Web-of-Data -formaattiin verkossa olevalle palvelimelle, jolloin tietomallin dataa pystyy tarkastelemaan ja muokkaamaan suoraan verkon kautta. (Drumbeat Concept)

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan pilottikohteissa testattua Trimble Connect -pilvipalvelua, joka on Trimblen tarjoama tietomallipalvelin-palvelu. Sen tietorakenne ei perustu Web-of-Dataan, vaan pilotoinnissa on kehitetty yleisemmin hankeosapuolten yhteisestä tietomallipohjaista statustietojen hallintaa. Hankeen aikana Trimble on kehittänyt statushallintatoimintoja Connect-mallipalvelimelle.

Trimble Connectia voi käyttää selainpohjaisesti sekä erikseen asennettavilla mobiili- ja työasema-applikaatioilla. Lisäksi Tekla Structuresin avulla voi käyttää joitakin Trimble Connectin ominaisuuksia, kuten statustyökalua. Pilottikohteissa elementtisuunnittelijat ja työmaat käyttivät statustyökalua manuaalisesti, eli elementtien statuspäivitykset tehtiin statustyökalun käyttäjän toimesta. Elementtitehtaan toiminnanohjausjärjestelmään puolestaan oli integroitu toiminnallisuus, jonka avulla statustietojen jakaminen tapahtui automaattisesti elementtitoimittajan ERP:stä Trimble Connect -pilvipalveluun. Koko järjestelmän arkkitehtuuri on havainnollistettu kuvassa 3.1.



Kuva 3.1 Pilotoidun järjestelmän arkkitehtuuri

3.3 Trimble Connect

Trimble Connect on yhteistyöhön perustuva ympäristö projektien hallintaan. Se on paikka, jossa kaikki voivat maantieteellisestä sijainnista sekä yrityksen sisäisistä ja toiminnallisista rajoista riippumatta yhdessä työstää projektia. Trimble Connectilla mallin ja piirustukset voi helposti jakaa muiden kanssa. Sillä on myös helppo katsella ja tarkistaa muiden ihmisten malleja sekä tietoja. (Trimble Solutions Corporation Tekla Structures 2016)

Trimble Connectilla voi siis julkaista helposti oman mallinsa muiden nähtäväksi ja kommentoitavaksi. Malli ladataan pilvipalveluun erilleen osapuolten omista järjestelmistä. Osapuolet pystyvät kuitenkin tarkastelemaan tietomallia omilla laitteillaan ja lisäämään siihen sisältöä, kuten statustapahtumia.

Trimble Connectin eri versiot eivät ole ominaisuuksiltaan täysin samanlaiset, mutta kaikilla versioilla pääsee esimerkiksi tarkastelemaan projektiin liitettyjä tiedostoja. Pilvipalvelun etuna perinteisiin tietomalliohjelmistoihin verrattuna on se, että käyttäjän ei itse tarvitse omistaa kyseisen tiedoston luomiseen käytettyä ohjelmistoa, vaan tietomallin katsomiseen riittää mahdollisuus käyttää jotain Trimble Connectin versiota, tunnukset järjestelmään ja nettiyhteys.

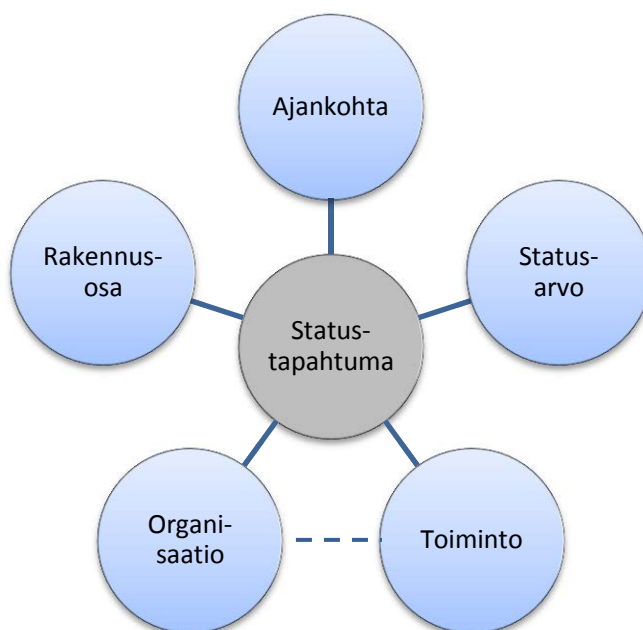
Trimble Connectilla voidaan luoda myös ToDo -tehtäviä ja lähettää ne sitten sitä koskeville henkilöille. Tehtävään voidaan liittää merkintöjä, kommentteja ja liitteitä selventämään tehtävää. Liitteet voidaan valita pilvipalveluun liitetystä projektin tiedostoista tai esimerkiksi liittämällä tietty näkymä tietomallista. Kun ToDo -tehtävä on luotu, lähtee sähköpostilla ilmoitus kyseisille henkilöille heille saapuneesta tehtävästä. Tehtävän

suorittamisen jälkeen tehtävä tulisi vielä käydä kuittaamassa Trimble Connectissa suoritetuksi.

3.4 Status Sharing -työkalu

Status Sharing -työkalu on Trimble Connectin ominaisuus. Status Sharing -toiminnon avulla projektin osapuolet voivat merkitä rakennusosien statustietoja reaaliajassa pilvipalveluun. Siellä ne ovat projektin muiden osapuolten katsottavissa ja hyödynnettävissä. Statustyökalua voi käyttää Trimble Connectin mobiili- ja työpöytäversioissa sekä osana Tekla Structuresia. Trimble Connectin selainversiossa statustyökalua ei ole ainakaan vielä.

Statuspäivityksissä keskeinen termi on *statustapahtuma*. Jokainen *statusarvon* muutos tietyllä *rakennusosalle* muodostaa oman statustapahtumansa. Lisäksi statustapahtumaan vaikuttaa statuspäivityksen tekevä *organisaatio*, päivitetty *toiminto* ja päivityksen *ajankohta*. Jokainen osapuoli voi itse määrittää omat actionit eli toiminnot, joista statustietoja päivitetään. Nämä toiminnot siis kuvaavat jotain projektin työvaihetta, esimerkiksi elementtien suunnittelua. Organisaatiot omistavat oikeudet vain itse luotujen toimintojen päivittämiseen. Siten esimerkiksi suunnittelija ei voi käydä muuttamassa statusarvoja elementtien valmistusta koskevaan toimintoon, koska siihen on oikeus vain elementti-toimittajalla. Muille organisaatioille voidaan kuitenkin antaa oikeus katsella oman organisaation statustietoja. Toisaalta tiedot voidaan pitää myös täysin salassa muilta, jolloin ne palvelevat vain oman organisaation toimintaa. Kuvassa 3.2 on vielä havainnollistettu statustapahtuman muodostuminen.



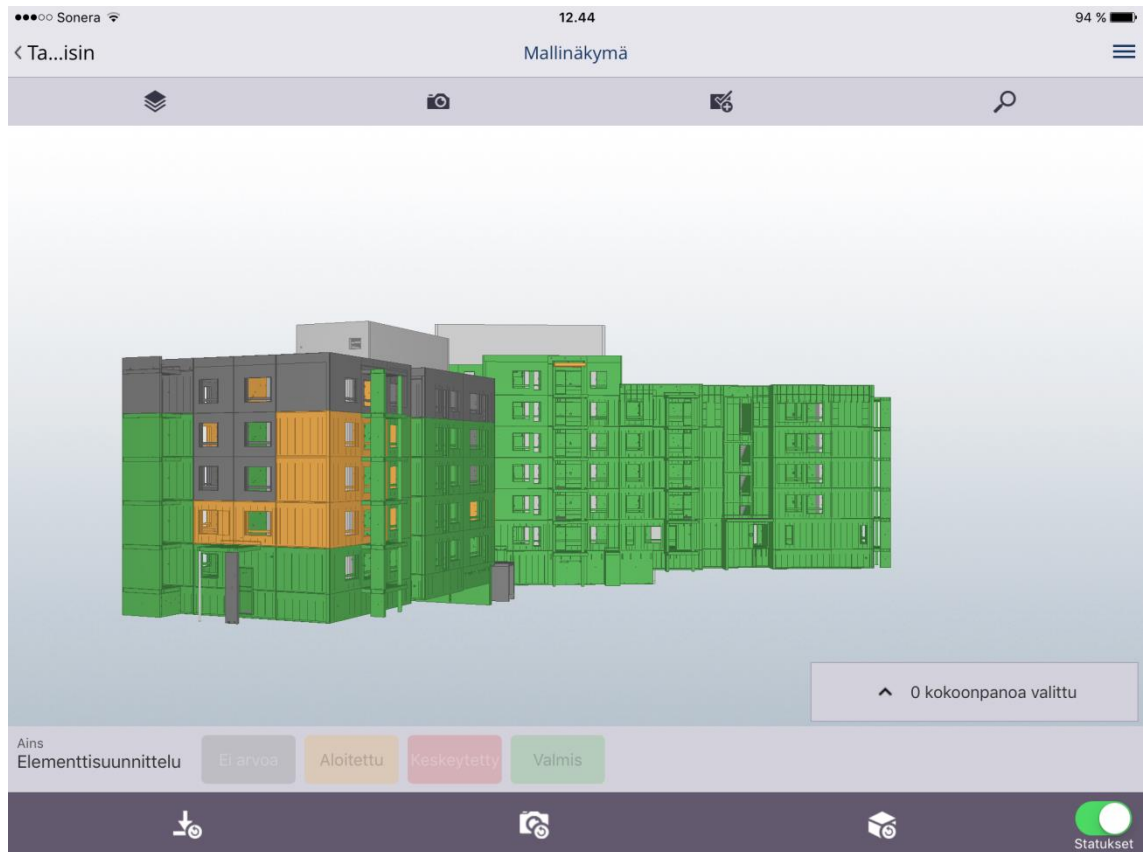
Kuva 3.2 Statustapahtuman muodostavat tekijät

Statusarvot ovat ennalta määrättyjä rakennusosan tilaa kuvaavia arvoja. Jokaista vaihtoehtoa kuvaa tietty väri. Kun statusarvo vaihdetaan, päivittyy tietomalliin kyseisen rakennusosan väri statusarvoa vastaavaksi väriksi. Mahdolliset statusarvot sekä niiden värit ja merkitykset on kirjattu taulukkoon 3.1. Statusarvot ovat vakioituja, jotta ohjelma osaa lukea niitä oikein ja visualisoida tietomallia sen mukaisesti. Rakennusosalla ei ole mitään tiettyä statusarvoa, vaan statusarvoihin sisältyy aina historiatieto. Rakennusosan statusarvo voi siis vaihtua projektin edetessä. Rakennusosan status muodostuu viimeisimmästä statusarvosta ja se kuvaa siis toiminnon senhetkistä tilaa kyseiselle rakennusosalle. Ohjelma kuitenkin säilyttää historiatiedon statusarvojen muutoksista, joten myöhemminkin pystyy tarkastelemaan, milloin rakennusosa on saanut jonkun tietyn statusarvon.

Taulukko 3.1 Statusarvot, niiden värit ja statusten merkitykset.

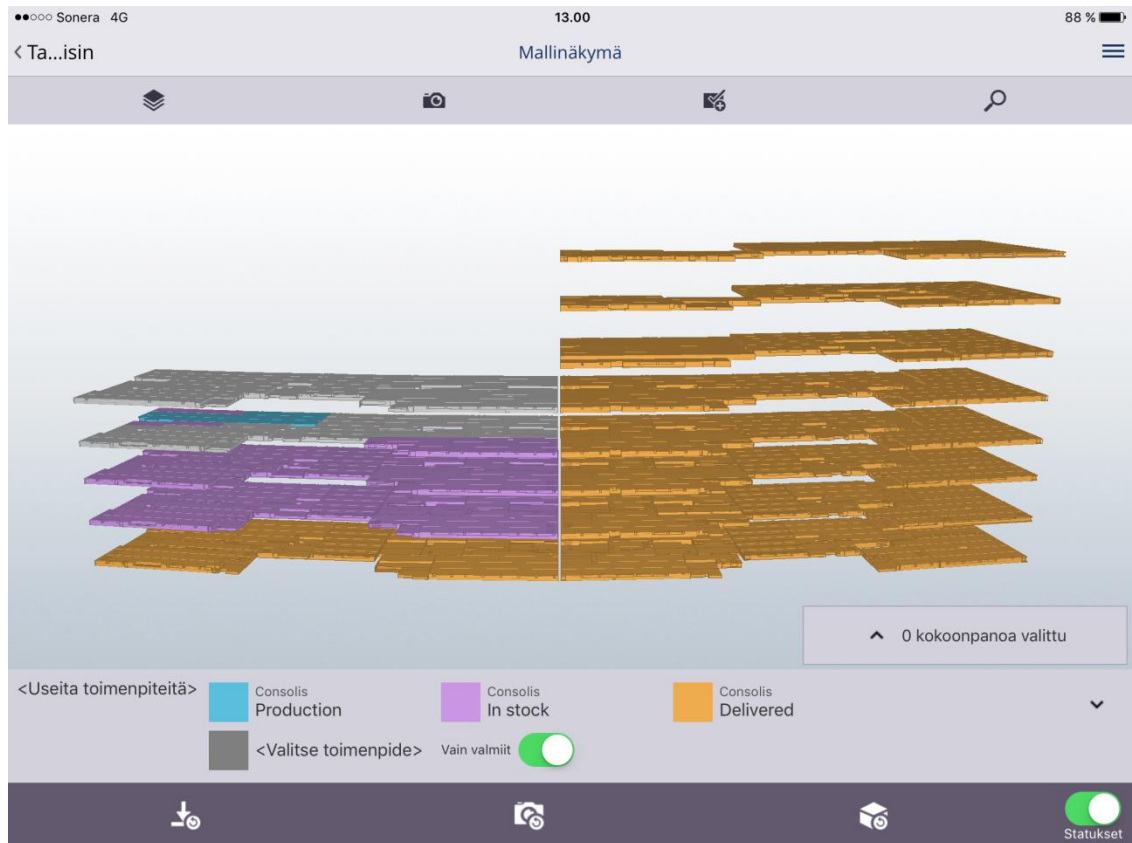
Statusarvo	Väri	Merkitys
Ei arvoa (None)	Harmaa	Objektille ei ole vielä annettu tarkempaa statusarvoa.
Valmius (Enable)	Vaaleansininen	Tarvittavat tiedot ja muut edellytykset toiminnon suorittamiselle ovat saatavilla.
Sitouduttu (Commit)	Tummansininen	Osapuoli on sitoutunut, aikatauluttanut tai suunnitellut suorittavansa kyseisen toiminnon.
Aloitettu (Started)	Keltainen	Toiminto on aloitettu.
Keskeytetty (Paused)	Punainen	Toiminto on väliaikaisesti pysäytetty.
Valmis (Completed)	Vihreä	Toiminto on valmis.

Ohjelmalla voi tarkastella yhden toiminnon statusarvoja kerrallaan. Tällöin ohjelma värittää rakennusosat kyseisen toiminnon viimeisimpiä statusarvoja vastaavilla väreillä. Mikäli rakennusosa on vielä statukseton, eli sille ei ole annettu ainuttakaan statusarvoa, on sen väri mallissa vaalean harmaa. On kuitenkin hyvä huomioda, että tämä statukseton tila on silti eri asia kuin Ei arvoa -statusarvo, jota voidaan käyttää esimerkiksi kohdentamaan tiettyjä rakennusosia tiettyyn statustoimintoon jo ennen varsinaisten statusarvojen antamista. Käytännössä käyttäjien ei kuitenkaan ole pakko käyttää sitä. Esimerkki ohjelman luomalle visualisoinnille yhden toiminnon statusarvoista on esitetty kuvassa 3.3.



Kuva 3.3 Ohjelman visualisointi elementtisuunnittelun tilanteesta

Ohjelmalla on myös mahdollista luoda useita statustoimintoja sisältävä näkymä. Näkymään voidaan itse valita, mitä statustoimintoja halutaan seurata. Statustoiminnot tulee listata kronologiseen järjestykseen, jotta ohjelmisto ymmärtää toimintojen keskinäisen järjestyksen. Esimerkiksi suunnittelun tulee olla ennen elementin valmistusta ja valmistuksen puolestaan ennen asennusta. Kun halutut statustoiminnot ovat valittu, näkyvät ne eri väreillä samassa mallissa, siten että rakennusosan väri muodostuu viimeisimmästä statusarvosta itse määritetyn kronologisen järjestyksen mukaan. Näkymää voidaan muuttaa näyttämään vain valmiit statukset, tai sitten statustoiminnon kaikki statusarvot, jolloin saman statustoiminnon eri statusarvojen väritys tapahtuu saman värin eri värisävyjen avulla. Esimerkki useita statustoimintoja sisältävästä näkymästä, on esitetty kuvassa 3.4. Kyseisessä esimerkissä on esitetty vain valmiit statukset. Useita statustoimintoja sisältävässä näkymässä jokaiselle toiminnolle määritetään itse tietty väri, joten siksi rakennusosien värit eivät vastaa taulukkoon 3.1 kirjattuja värejä.



Kuva 3.4 Useita statustoimintoja sisältävä näkymä. Kuvassa sinisellä näkyvät valmiiksi valetut ontelolaatat, violetilla varastossa olevat ja keltaisella jo työmaalle toimitetut elementit.

Statustyökalussa on myös useita ominaisuuksia, joiden avulla mallia pystyy tarkastelemaan. Yksi näistä ominaisuuksista on Tekla Structuresin Organizer-dataan perustuvat ryhmittelyt. Tässä tutkimuksessa niistä käytetään jatkossa nimitystä kategoriat, viitaten niiden englanninkieliseen nimitykseen *categories*. Kategorioita voidaan Tekla Structuresissa luoda esimerkiksi eri rakennusosista, kerroksista ja lohkoista. Suunnittelija määrittelee nämä tiedot rakennuksen tietomalliin, jonka jälkeen kategoriatyökalun avulla käyttäjä voi helposti tarkastella jotain tiettyä osaa rakennuksesta, kuten rakennuksen A-rapun viidettä kerrosta.

Ohjelmalla pystyy luomaan myös valmiita näkymiä tietomallista. Tällä tavoin ne ovat aina helposti saatavilla, ja joka kerta mallia katsoessa ei tarvitse tehdä samoja toimenpiteitä päästäkseen tarkastelemaan jotain tiettyä kohtaa. Valmiita näkymiä voidaan luoda esimerkiksi paljon tarkastelua vaativista kohteista. Näkymän voi tehdä joko itselleen, tai sen voi jakaa muidenkin henkilöiden nähtäväksi. Statuspäivitysten tekemisessä valmiita näkymiä pystyy hyödyntämään luomalla näkymän erikseen kohteen jokaisesta kerroksesta, jolloin statuspäivitysten tekeminen myös rakennuksen sisäosiin onnistuu helposti. Kuitenkin aluksi tarvitsee käyttää vähän aikaa näkymien luomista varten.

Ohjelmasta löytyy myös Tekla Structuresille tyypilliset leikkaus- ja piilotustyökalut. Leikkaustyökalulla mallia voi leikata jonkin valitun tason suuntaisesti. Tällä tavoin on mahdollista nähdä rakennuksen sisälle. Piilotustyökalulla puolestaan voidaan valitut rakennusosat piilottaa pois näkyvistä, jolloin ne eivät toimi näköesteinä kyseisten rakenteiden takana oleville rakennusosille. Kumpaakin toimintoa pystyy hyödyntämään statuspäivityksiä tehtäessä, koska jollakin tavalla käyttäjän tarvitsee käsitellä mallia päästäkseen päivittämään rakennuksen sisällä olevien elementtien statuksia.

Lisäksi statustyökalusta löytyy ominaisuus, jonka avulla statustapahtumien historiaa pystyy tarkastelemaan. Statusten aikajanatoiminto auttaa esimerkiksi hahmottamaan, mitä muutoksia statustapahtumissa on tapahtunut viimeisimmässä statuspäivityksessä. Aikajanaa käytetään liukukytkimen avulla. Liukukytkimen voi asettaa johonkin tiettyyn kohtaan, jolloin ohjelma näyttää kyseistä ajankohtaa vastaavan tilanteen.

4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

4.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa käytettiin kirjallisuustutkimusta sekä uuden Trimble Connect -ohjelmiston pilotointia. Osana pilotointia suoritettiin haastatteluja toimitusketjun eri osapuolille. Teoreettinen viitekehys laadittiin kirjallisuudesta saatujen tietojen avulla. Kirjallisuutta kerättiin pääasiassa sähköisessä muodossa julkaistuista artikkeleista ja kirjoista, mutta myös Tampereen pääkirjastoa ja Tampereen teknillisen yliopiston kirjastoa käytettiin apuna.

Tutkimusongelmaan etsittiin ratkaisua haastattelujen pohjalta. Haastattelut olivat luonteeltaan kvalitatiivista, eli laadullista tutkimusta. Haastatteluja suoritettiin pilottiprojekteissa mukana työskenteleville henkilöille, jotka olivat mukana testaamassa statustyökälun käyttöä, tai muuten sopivia arvioimaan työkalun soveltuvuutta ja sen luomia mahdollisuuksia. Lisäksi tutkimuksessa haastateltiin aluksi rakennusyrityksen tuotannonohjausjärjestelmien kehittämisestä vastannutta projektipäällikköä sekä kehitysinsinööriä, jotta saatiin lähtötietoja rakennusyrityksen tuotannonsuunnittelusta ja -ohjauksesta.

Työssä seurattiin statustietojen merkitsemistä ja vaihtamista todellisissa rakennushankkeissa, dokumentoitiin saadut kokemukset sekä tehtiin kehitys- ja soveltamishdotuksia. Tutkimuksessa kerättyjen aineistojen pohjalta muodostettiin skenaario, kuinka soveltamalla pilotoitavia menetelmiä voitaisiin muodostaa työmaan työvaiheiden ja toimitusketjun digitaalisten statustietojen perusteella työmaan ajantasainen tilannekuva.

4.2 Pilottikohteet

Pilottikohteita tutkimuksessa oli kolme. Ensimmäinen kohde oli Tampereella sijaitseva asuinkerrostalo: Asunto Oy Tampereen Tuiskunkatu 2. Siinä on 97 asuntoa ja kohteen tulisi olla muuttovalmis maaliskuussa 2018. Rakennus muodostuu kahdesta osasta, joista toinen on 5-kerroksinen, ja toinen koostuu 5- ja 6-kerroksisista osista. (Skanska rakentaa Avaralle asuntoja Tampereen Härmälänrantaan 2017) Kohteen havainnekuva on kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Havainnekuva Asunto Oy Tampereen Tuiskunkatu 2:sta. (Skanska rakentaa Avaralle asuntoja Tampereen Härmälänrantaan 2017)

Kohteessa pääurakoitsijana toimi Skanska Talonrakennus Oy ja elementtitoimittajina olivat VaBe ja Parma. Kohteen suunnittelusta puolestaan vastasi A-insinöörit. Pilotoinnissa seurattiin A-insinöörien, Parman ja Skanskan statustietoja koskien betonielementtejä. VaBe ei osallistunut pilotointiin.

Toinen pilottikohde sijaitsi Helsingin Jätkäsaarella. Kohteen nimi on Asunto Oy Helsingin Rio ja se sijaitsee osoitteessa Rionkatu 14, 00220 Helsinki. Kyseessä on 8 kerroksinen, kaksioportainen asuinkerrostalo, jossa on 53 asuntoa. Alustavien suunnitelmien mukaan rakennuksen tulisi olla muuttovalmis vuoden 2018 alkupuolella. (Asunto Oy Helsingin Rio -digiesite) Havainnekuva kyseisestä kohteesta on esitetty kuvassa 4.2.

Myös Helsingin Riossa kohteen pääurakoitsijana toimi Skanska Talonrakennus Oy. Kohteeseen ontelolaatat välipohjiin toimitti Parma ja ontelolaattojen punossuunnittelusta vastasi A-insinöörit. Negatiivisena asiana tutkimuksen suorittamisen kannalta kohteessa oli se, että statustietoja päivitettiin vain kohteen ontelolaatoista. Tämän vuoksi työmaa ei kokenut hyödylliseksi osallistua statustietojen päivittämiseen, joten Helsingin Riossa statustietojen päivittämiseen osallistuivat siis vain elementtisuunnittelija ja elementtitoimittaja.



Kuva 4.2. Havainnekuvassa Asunto Oy Helsingin Rio on kuvan etuosassa oleva rakennus. (Asunto Oy Helsingin Rio -digiesite)

Kolmas pilottikohde oli Asunto Oy Espoon Calibri. Kohde sijaitsee osoitteessa Ahertajankuja 3, 02100 Espoo. Rakennus on yksiportainen ja siinä on viisi kerrosta. Myös Calibri on asuinkerrostalo ja asuntoja siitä löytyy yhteensä 27 kappaletta. Arvioidun valmistumisen mukaan kohteeseen pitäisi päästä muuttamaan helmikuussa 2018. (Skanska Asunto Oy Espoon Calibri Ennakkomarkkinointiesite) Kuvassa 4.3 näkyy, millainen kyseisestä kohteesta on tulossa valmistuttuaan.



Kuva 4.3. Asunto Oy Espoon Calibri on kuvassa vasemmalla. (Skanska Asunto Oy Espoon Calibri Ennakkomarkkinointiesite)

Espoon Calibrissa Status Sharing -työkalua käytettiin vain työmaalla. Pääurakoitsijana myös tässä kohteessa toimi Skanska Talonrakennus Oy. Työmaalla statustietoja päivitettiin kaikista työmaalla asennettavista elementeistä sekä paikallavalurakenteista.

4.3 Haastatteluiden suorittaminen

Haastatteluja suoritettiin pilottikohteiden toimitusketjussa työskenteleville henkilöille. Rakennusyhtiöstä ja suunnittelutoimistosta haastatteluihin valittiin henkilöitä, jotka työssään olivat käyttäneet ja testanneet Status Sharing -työkalua. Elementtitehtaan henkilöstöstä haastatteluihin valikoitui kaksi henkilöä: suunnittelujohtaja, joka vastasi suunnittelu- ja kehitystehtävistä, sekä BIM-VDC -asiantuntija, joka oli ollut mukana pilotoinnissa alusta asti. VDC tulee sanoista Virtual Design and Construction ja tarkoittaa tapaa, jonka mukaan toimitaan tietomallinnusta hyödyntävissä projekteissa.

Haastattelut suoritettiin kevään 2017 aikana, ja niissä kerättiin kokemuksia ohjelman käyttämisestä. Haastattelujen avulla pyrittiin saamaan tietoa statustietojen päivitystoiminnosta ja ohjelman hyödyllisyydestä projektin eri osapuolille. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, mitä kehitettävää ohjelmassa olisi ja, mitä ongelmakohtia pilotoinnissa on ollut. Haastattelukysymykset olivat erilaiset suunnittelijoille ja työmaille (liite A) kuin elementtitoimittajalle (liite B), koska elementtitoimittajan statustietojen merkitseminen pilvipalveluun tapahtui toisella tavalla kuin suunnittelijoiden tai työmaiden.

Haastattelut toteutettiin kvalitatiivisena puolistrukturoituna teemahaastatteluna. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat etukäteen päätetty, mutta niiden järjestyksestä ja sanamuotoa voi kuitenkin vaihtaa. Yleinen puolistrukturoitu haastattelumenetelmä on teemahaastattelu. (Hirsjärvi & Hurme 2001) Teemahaastattelu on suhteellisen vapaamuotoinen haastattelumenetelmä, sillä siinä kysymysten ei tarvitse olla kaikille tismalleen samat, ja kysymykset laaditaan jokaisessa haastattelussa erikseen teemojen puitteissa. Teemahaastattelu on luonteeltaan keskustelunomainen haastattelumuoto. Siinä keskustellaan ennalta päätetyistä teemoista ja esiin tulevat haastateltavien omat tulokset. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2009) Haastattelut toteutettiin haastateltavien normaaleissa työympäristöissä ja kysymyksiä ei toimitettu etukäteen haastateltaville.

Pilottihankkeita oli kolme kappaletta. Pilottihankkeita ei ollut kovin montaa, jonka vuoksi haastateltavien henkilöiden joukko oli rajallinen. Jokaisesta yksilöstä saadun tiedon määrä ja laatu olivat siis erittäin tärkeitä tutkimuksen kannalta. Tutkimuksessa haastatellut henkilöt olivat:

- Rakennusyritys:
 - Tuotantoinsinööri
 - Runkotyönjohtaja
 - Kehitysinsinööri

- Projektipäällikkö
- Suunnittelutoimisto:
 - Elementtisuunnittelija ×2
 - BIM-asiantuntija
- Elementtitoimittaja:
 - Suunnittelujohtaja
 - BIM-VDC -asiantuntija

4.4 Aineiston käsittely ja analysointi

Kaikki haastattelut nauhoitettiin. Äänitteiden avulla haastatteluista kirjattiin merkittävimmät asiat tiivistelmäksi. Tietyn tyypisissä tutkimuksissa kehoitetaan ensin keräämään kaikki aineisto kasaan ja vasta sitten analysoimaan aineisto. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tilanne on kuitenkin toinen, koska aineiston keräämisessä ja analysoinnissa ei ole selkeää rajaa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa analysointi voidaan aloittaa jo samalla kun aineistoa kerätään. (Gibbs 2007)

Vaikka aineistoa analysoitiin samalla kun sitä kerättiin, oli aineiston tarkka analysointi helpointa tehdä vasta myöhemmin nauhoitettuja haastatteluja kuuntelemalla. Haastatteluissa ei voinut tehdä koko ajan muistiinpanoja, koska täytyi keskittyä haastateltavan vastauksiin. Muuten haastattelu ei välttämättä olisi sujunut luontevasti. Haastatteluissa esiin tulleet asiat pääsevät myös tavallisesti unohtumaan nopeasti, koska tietoa tulee paljon. Haastattelujen nauhoittaminen olikin siksi erittäin tärkeää, jotta kaikki tieto saatiin kerättyä talteen haastatteluista.

5. HAASTATTELUIDEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

5.1 Ohjelman käyttöönotto ja käyttäminen

Statustyökalu oli tutkimuksen suorittamisen aikana kehitysvaiheessa. Virallisesti se julkaistiin kesäkuussa 2017. Koska pilotoinneissa oli käytössä kehitysvaiheen versio ohjelmasta, ei sitä pystynyt asentamaan kuka tahansa. Sillä oli myös vaikutusta siihen, kuinka työkalun sai ladattua itselleen. Mobiiliversiolle statustyökalun lataus tapahtui keskeneräisten sovellusten jakamiseen tarkoitetun sovelluksen avulla. Työpöytäversiolle ja Tekla Structuresiin statustyökalun puolestaan sai ladattua erillisen Web-linkin avulla, joka pilotoinnin osapuolilla oli käytettävissään.

Osapuolet käyttivät pilotoinneissa haluamaansa versioita statustyökalusta. Suunnittelijoille luontevin tapa oli käyttää statustyökalua osana Tekla Structuresia, joka on heidän käytössään muutenkin elementtien mallinnuksessa. Espoon Calibrin työmaalla käytettiin ainoastaan mobiiliversiota Trimble Connectista. Tuiskunkadun työmaalla puolestaan oli käytössä Trimble Connectin työpöytäversio, koska ohjelmaa käyttäneellä henkilöllä ei ollut käytettävissä omaa tablettia työmaalla, eikä hän halunnut olla riippuvainen jonkun toisen henkilön laitteen lainaamisesta.

Statustyökalu otettiin ensimmäisenä testaukseen Helsingin Rio -kohteessa. Siellä suunnittelijoilla oli käyttöönotossa aluksi vaikeuksia saada ohjelmaa toimimaan, ja siksi alussa tarvittiin avuksi Skype-kokouksia Trimblen kanssa. Kun ohjelmisto saatiin ensimmäisen kerran onnistuneesti asennettua toimintakuntoon, sujui sen jälkeen käyttöönotto muilla suunnittelijoilla hyvin. Työmailla käyttöönotossa sen sijaan ei ollut suurempia ongelmia.

Koulutusta ohjelmiston käyttöön järjestettiin vaihtelevasti. Paras koulutus järjestettiin Tuiskunkadun työmaahenkilöstölle. Heille pidettiin koulutustilaisuus, jossa opastetusti asennettiin ohjelmisto ja opetettiin statustyökalun ominaisuudet ja käyttäminen. Tuiskunkadun työmaa kuitenkin toivoi, että heille olisi selkeämmin kerrottu aloituspalaverin luonne. Työmaa ei tiennyt, että silloin heille koulutetaan ohjelman käyttö ja asennetaan se valmiiksi heidän laitteilleen. Tämän takia työmaalta ei osallistunut tilaisuuteen kaikki tarvittavat henkilöt. Jos loputkin henkilöt olisivat osallistuneet tilaisuuteen, olisi heidät ehkä ollut mahdollista saada osallistumaan pilotointiin. Suunnittelijoille sen sijaan ei järjestetty Trimblen puolesta koulutusta, vaan A-insinööreiltä Drumbeat-projektissa mukana ollut BIM-asiantuntija opasti statustyökalun käytön heille.

Statustyökalua käyttäneet henkilöt kokivat, että työkalun käyttöä olisi voitu kouluttaa heille enemmän. Nyt se oli liikaa käyttäjien omasta aktiivisuudesta kiinni, kuinka hyvin ohjelmaa opetteli käyttämään. Jopa Tuiskunkadun työmaalla koulutustilaisuudesta huolimatta todettiin, että ohjelman käytössä olisi voinut tulla ongelmia, jos sitä olisi pitänyt osata käyttää vain sen yhden opastuskerran jälkeen. Statustyökalua käyttäneet henkilöt saivat kuitenkin aina tarvittaessa tukea ohjelman käyttämiseen myös käyttöönoton jälkeen, mikä helpotti toimintaa.

Skanskalta käytönaikaista tukea oli saatavissa heidän tietomallituesta. Lisäksi heidän kehitysinsinöörit sekä tietomallivastaavalta pystyi kysymään apua ongelmatilanteissa. Suunnittelijat saivat käytönaikaista tukea heidän BIM-asiantuntijan välityksellä Trimbleltä. Asioita hoidettiin sähköposteilla ja lisäksi kahden viikon välein järjestettiin pilottipalautepalaverit, jotka koettiin hyviksi. Pilottipalautepalaveriinkin osallistuivat pilottoinnin osapuolten edustajat, mutta eivät statustyökalua pilotoinneissa käyttäneet henkilöt.

Käytönaikaista tukea tarvittiin esimerkiksi tiettyjen toiminnallisuuden löytämiseen. Noin kuukauden välein ohjelmasta julkaistiin uusi versio ja se vaikutti välillä muun muassa ohjelman ulkoasuun ja uusien toiminnallisuuden lisäämiseen. Ohjelman päivitysten seurauksena kaikki vanhat toiminnot eivät välttämättä sijainneet samassa paikassa kuin ennen päivitystä, mikä vaikutti osaltaan tuen tarvitsemiseen. Aluksi tukea tarvittiin myös ohjelman peruskäyttöön, kuten tiettyjen näkymien ja lohkojen näkyviin saamiseen. Lisäksi ohjelmointivirheiden ilmoittamiselle oli tarvetta. Jos ohjelmaa käyttäisi enemmän, saattaisi avulle olla tarvetta siinä, että tietyt asiat oppisi tekemään helpoimalla tavalla.

Vaikka käytönaikaisesta tukea oli saatavilla, toivoi osa haastateltavista henkilöistä selkeämpää ohjeistusta tiedonvaihtoon. Pilotoinnissa mukana oleville henkilöille tulisi selkeästi osoittaa ne henkilöt, joille voi antaa palautetta tai joihin voi ottaa yhteyttä. Nyt osalle henkilöistä oli hieman epäselvää kenelle kehitysehdotukset tulisi kertoa tai keneltä voisi kysyä apua ongelmatilanteessa.

Tiedonvaihdon parantamiselle oli pilotoinnissa tarvetta myös ohjelman uusien päivitysversioiden ilmoittamisessa. Uuden version saatavuudesta ei tullut ilmoitusta kaikille statustyökalun käyttäjille. Tällöin käyttäjä ei voinut tietää uusimmasta versiosta, ellei ollut aktiivinen ja mennyt itse katsomaan, mikä on uusin saatavilla oleva versio, tai vaihtoehtoisesti ottanut yhteyttä toiseen henkilöön, joka oli tietoinen uusien versioiden ilmestymisestä. Uuden version ilmestymisestä ilmoitettiin sähköpostilla kaikille niille, joiden sähköpostiosoite oli lisätty Trimblen versiopäivityksiä koskevaan jakelulistaan. Pilotoinnissa tieto ei kuitenkaan kulkenut osapuolten välillä tarpeeksi hyvin tai osapuolet eivät olleet tarpeeksi aktiivisia, jotta kaikki tarvittavat henkilöt listaan olisi lisätty.

Versiopäivitysten lataamisesta työmailla olivat vastuussa ohjelman käyttäjät itse. Suunnittelutoimistossa päivitysten lataus toteutettiin siten, että kun uusi versio ohjelmasta julkaistiin, ladattiin ja asennettiin se sen jälkeen verkkolevylle. Ohjelmaa käytettiin sen sijaan pikakuvakkeen kautta, jolloin käyttäjillä oli aina uusin versio käytettävissään.

Käytettävyydeltään ohjelma koettiin suhteellisen yksinkertaiseksi ja helpoksi. Tähän vaikutti osaltaan se, että toimintoja ohjelmassa oli sen verran vähän. Ehkä suurimmaksi ongelmaksi käytettävyydessä haastateltavat kokivat ohjelman ajoittaisen hitauden. Tietomallin pyörittäminen on raskasta, ja siksi käytettävällä laitteella on myös vaikutusta siihen, kuinka hyvin ohjelma pyörii. Kommentteja ohjelman hitaudesta tuli kuitenkin niin paljon, että on vaikea kuvitella statustyökalun hitauden johtuvan pelkästään käytössä olleista laitteista.

Käytettävyydessä esille nousivat myös ohjelmassa ilmenneet ohjelmointivirheet. Kehitysvaiheessa olevista ohjelmista löytyy tavallisesti joitain ohjelmointivirheitä, niin oli myös tämän ohjelman kohdalla. Ilmenneistä virheistä tuli pilotoinnissa ilmoittaa Trimblelle, joka pyrki korjaamaan niitä sitä mukaa, kun niitä ilmeni.

5.2 Statuspäivitysten tekeminen

Suunnittelutoimistossa statuspäivityksistä vastanneet henkilöt olivat elementtisuunnittelijoita. Pilotoitavilla työmailla päivityksiä tehneet henkilöt sen sijaan työskentelivät eri rooleissa. Espoon Calibri -kohteessa statuspäivityksiä teki runkotyönjohtaja, Tuiskunkadun työmaalla puolestaan tuotantoinsinööri. Elementtitoimittajan statustietojen päivittämisestä ei vastannut kukaan henkilö, vaan statustiedot päivittyivät automaattisesti pilvipalveluun heidän ERP:iin koodatun linkin avulla.

Suunnittelijat: Statustietojen päivitys tapahtui suunnittelijoilla Tekla Structuresin filteerointityökalua hyödyntämällä. Sen avulla tietomallista saatiin valittua isompia kokonaisuuksia, joiden avulla statuspäivitykset saatiin kerralla tehtyä tietylle joukolle elementtejä. Statuspäivitysten tekemistä varten suunnittelijoiden täytyi erikseen avata statustyökalu Tekla Structuresin lisäosaksi. Lisäosan käynnistäminen vaati aina erillisen sisäänkirjautumisen, vaikka TS:ään olisikin ollut jo kirjautuneena sisään, ja se koettiin hankalaksi. Suunnittelijoilla oli pilottikohteissa vain yksi päivitettävä *statustoiminto*. Riossa se oli ”punossuunnittelu” ja Tuiskunkadussa ”elementtisuunnittelu”. Kummassakin mahdollisia statusarvoja olivat Ei arvoa, Aloitettu, Keskeytetty ja Valmis.

Statuspäivitysten säännöllisyys oli suunnittelijakohtaista. Tuiskunkadun statustietojen päivittäminen oli melko säännöllistä ja niitä tehtiin viikoittain. Helsingin Rion statustietojen päivittäminen puolestaan ei ollut niin säännöllistä. Päivityksiä tehtiin suurin piirtein kahden viikon välein. Riossa tarvitsi statustietojen lisäksi välillä päivittää myös ontelolaattojen IFC-malli pilvipalveluun. Tuiskunkadussa vastaavaa tilannetta ei ollut, koska siinä geometriamalli oli olemassa.

Tuiskunkadun suunnittelijoilla meni ohjelman hitauden takia aluksi noin 10 minuuttia pelkästään siihen, että statustyökalu ylipäättään aukesi. Ongelmasta ilmoitettiin eteenpäin ja siihen saatiin parannus, mutta silti statustyökalun avaaminen kesti vielä noin kolme minuuttia. Itse statuspäivityksen tekeminen meni kuitenkin minuutissa tai parissa sen jälkeen, kun ohjelman oli saanut auki. Riossa tietomalli oli kevyempi ja vastaavaa hitautta ei havaittu statustyökalun avaamisessa. Myös statustietojen merkitseminen oli nopeaa, eikä siihen kulunut sen enempää aikaa kuin Tuiskunkadun mallin yhteydessä.

Työmaat: Työmaiden käytännöt statustietojen päivittämisessä poikkesivat hieman toisistaan. Espoon Calibrin työmaalla statustietojen päivittäminen hoidettiin siten, että kohteessa käytiin paikan päällä katsomassa elementtien asennuksen tilanne ja puhelimella tehtiin statuspäivitykset ohjelmaan. Statuspäivityksiä tehtiin runkovaiheessa aluksi viikoittain, mutta sen jälkeen välit pitenevät huomattavasti. Leikkaustoimintoa käytettiin avuksi siinä, että päästiin tarkastelemaan myös kohteen sisäseiniä.

Calibrissa työmaa käytti ohjelmaa eri tavalla kuin sitä oli suunniteltu käytettäväksi. Kohteessa työmaa valitsi päivitettäväksi vain yhden statustoiminnon: elementtien tilanteen. Kyseiseen toimintoon valittiin statusarvoiksi Ei arvoa, Aloitettu, Keskeytetty ja Valmis. Näiden arvojen päätettiin vastaavan elementtien tilausta, vastaanottoa ja asennusta siten, että kukin statusarvo annettiin elementille silloin, kun kyseinen toiminto tuli suoritettua. Tämän avulla ohjelma esitti automaattisesti visualisoinnin useammasta statustoiminnosta samaan aikaan. Työmaan päättäessä kyseisestä toimintatavasta statustyökalusta ei vielä löytynyt useamman statustoiminnon seuraamiseen tarkoitettua näkymää. Vaikka työmaan oli tarkoitus tehdä statuspäivityksiä elementtien tilauksesta, vastaanotosta ja asennuksesta, tehtiin niitä pääasiassa vain elementtien asennuksesta. Elementtien tilauksen ja vastaanoton statusta työmaalla sen sijaan ei merkitty statustyökalulla juuri ollenkaan, koska työmaalla koettiin, ettei statustyökalu soveltunut siihen tehokkaasti.

Tuiskunkadun työmaalla päivitystoiminto poikkesi Espoon Calibrista, sillä käytössä oli Trimble Connectin työpöytäversio. Tuiskunkadulla ensin havainnoitiin työmaalla, mitä elementtejä oli asennettuna, jonka jälkeen menttiin työmaatoimistolle merkitsemään statuspäivitykset pöytäkoneella pilvipalveluun. Lisäksi statustietoja kohteessa päivittänyt tuotantoinsinööri sai mestarilta listan tilatuista elementeistä, joten hän tiesi, mitkä elementit saapuivat minäkin päivänä työmaalle. Kohteessa saapuneet elementit asennettiin aina samana päivänä paikalleen, eikä elementtejä varastoitu lainkaan työmaalle. Vaikkei tuotantoinsinööri siis ollut joka päivä työmaalla tarkastelemassa tilannetta, pystyi hän silti olemaan näiden tietojen avulla ajan tasalla työmaan toiminnasta. Calibrin tavoin Tuiskunkadulla statustietoja merkittiin vain elementtien asennuksesta, vaikka alun perin tarkoitus oli tehdä merkintöjä myös tilauksesta, vastaanotosta ja paikallavaluista. Tietojen merkitsemistä niistä ei kuitenkaan lopulta koettu työmaalla tarpeelliseksi. Asennuksessa ainoa statusarvo oli Valmis.

Statustietojen päivitys Tuiskunkadulla tehtiin vähintään kerran viikossa. Koska päivittämistä ei suoritettu joka päivä, pystyi kerralla päivittämään hieman isompia kokonaisuuksia. Statustietojen päivittämisessä käytettiin apuna Organizer-datan mukaisia kategorioita, joiden avulla mallia pystyi tarkastelemaan tietyn lohkon tai kerroksen osalta. Lisäksi apuna käytettiin rakennusosien piilotustyökalua. Myös valmiiksi luotuja näkymiä testattiin, mutta niitä ei juurikaan käytetty, koska päivittämisestä vastannut henkilö oli jo tottunut merkitsemään statuspäivitykset kategorioiden avulla. Näkymät kuitenkin vaikuttivat potentiaaliselta tavalta merkitä statustietoja. Tuotantoinsinööri totesi myös, että statuspäivitysten tekeminen olisi todennäköisesti ollut paljon helpompaa tehdä mobiiliversiolla työmaalla kuin työpöytäversiolla työmaatoimistossa, koska mobiiliversiolla tiedot olisi voinut kirjata järjestelmään työmaalla heti havainnoinnin jälkeen.

Statustietojen päivittämiseen kulunut aika vaihteli haastateltavilla. Osaltaan käytettyyn aikaan saattoi vaikuttaa ohjelmasta käytetty versio. Toisaalta myös statustietoja päivittäneiden henkilöiden roolit olivat työmailla erilaiset, mikä saattoi vaikuttaa käytettyyn aikaan. Tuiskunkadun työmaalla tietokoneen ääressä käytetty aika oli tavallisesti 15-20 minuuttia. Tämä aika kului, vaikka etukäteen oli jo selvitetty, mitä statuspäivityksiä tarvitsi tehdä. Tämän ajan päälle tuli tietysti vielä se aika, mikä meni työmaan tilanteen selvittämiseen. Espoon Calibrin työmaalla päivittäminen oli nopeampaa. Statustietojen päivittämisestä vastannut henkilö totesi, että jos hän oli jo valmiiksi paikanpäällä kohteessa, statustietojen merkitsemiseen ei mennyt kuin pari minuuttia kerrallaan. Jos puolestaan tarvitsi työmaatoimistolta varta vasten kävellä kohteeseen merkitsemään statuspäivityksiä, ja kiivetä vaikka viidenteen kerrokseen tarkastamaan tilanne, meni tällöin statustietojen merkitsemiseen luonnollisesti selvästi enemmän aikaa.

Elementtitoimittaja: Elementtitoimittajalla statustietojen syöttäminen järjestelmään tapahtui ERP:iin toteutetun automaattisen tiedonsiirtotoiminnon avulla. Sen toteuttaminen vaati koodaustyötä ja konsultti teki sen heille. Toteutuksessa tarvittiin myös yhteistyötä Trimblen kanssa. Trimbleltä tuli tarkat määrittelyt vaadittavasta detaljitason tiedosta ja käytettävistä linkeistä. Toiminto kehitettiin ERP:iin siten, että 10 minuutin välein muuttuneet tiedot päivittyivät Trimble Connectiin. Toiminnon toteutus ei ollut haastattelun mukaan kustannuksiltaan erityisen kallis toimenpide.

Tällä hetkellä automaattinen tiedonsiirtotoiminto on toteutettu siten, että hankekohtaisesti ei pysty päättämään, mitä statustietoja ERP:stä lähetetään pilvipalveluun. Kaikista hankkeista joudutaan siis lähettämään statuksia samoista toiminnoista. Elementtitoimittajan mukaan se ei kuitenkaan olisi kovin työlästä muuttaa järjestelmää siten, että jokaiseen hankkeeseen pystyisi erikseen määrittelemään, mitä tietoja pilvipalveluun lähetetään. Hankekohtaisesta jaottelusta voi olla hyötyä tulevaisuudessa, koska projektien luonteesta riippuen tiedon tarve voi vaihdella. Pilottihankkeissa elementtitoimittaja julkaisi statuspäivityksiä elementtien valmistuksesta, varastoinnista ja toimituksesta. Valmistuksessa mahdollisia statusarvoja olivat Valmius, Sitouduttu, Keskeytetty ja Valmis. Varastoinnissa ja toimituksessa sen sijaan oli vain yksi statusarvo: Valmis. Taulukkoon

5.1 on vielä koottu eri statustoiminnot ja niiden mahdolliset statusarvot, joita pilottihankkeissa oli tarkoituksena päivittää.

Taulukko 5.1 Osapuolten statustoiminnot ja niiden mahdolliset statusarvot, joita pilottihankkeissa oli tarkoitus päivittää.

Kohde		Statustoiminto	Käytetyt statusarvot
Suunnittelijat	Tuiskunkatu	Elementtisuunnittelu	Ei Arvoa, Aloitettu, Keskeytetty, Valmis
	Helsingin Rio	Punossuunnittelu	Ei Arvoa, Aloitettu, Keskeytetty, Valmis
Elementtitoimittaja	Tuiskunkatu ja Helsingin Rio	Valmistus	Valmius, Sitouduttu, Keskeytetty, Valmis
		Varastointi	Valmis
		Toimitus	Valmis
Työmaat	Tuiskunkatu	Asennus	Valmis
		Tilaus	Valmis
		Vastaanotto	Keskeytetty, Valmis
		Paikallavalut	Valmis
	Espoon Calibri	Elementtien tilanne	Ei Arvoa, Aloitettu, Keskeytetty, Valmis

Elementtitoimittajan ERP:stä olisi tarvittaessa jaettavissa muutakin tietoa projektin osapuolten hyödynnettäväksi. Näitä muita tietoja ovat esimerkiksi suunniteltu valupäivä, elementin geometria- ja painotiedot, asennuslohkot, kuormatiedot sekä elementin valmistava tehdas ja yhteyshenkilö. Periaatteessa elementtitoimittaja olisi valmis julkaisemaan melkein kaiken tiedon, mikä ei liity talouteen.

Automaattisen tiedonsiirtotoiminnon luotettavuudessa ei ollut erityisiä ongelmia. Joitakin tapauksia kuitenkin oli, kun jokin Globally Unique Identifier (GUID) hävisi ja statustietoa ei sen takia pystytty lähettämään pilvipalveluun. GUID:t ovat objektien tunnistamiseen käytettyjä yksilöiviä tunnuksia ja sen puuttuminen aiheuttaa sen, että statuspäivityksen kohdistaminen oikeaan elementtiin tietomallissa ei onnistu. GUID-tunnisteet on luettu suoraan elementtivalmistajan ERP-järjestelmään suunnittelijan tuotamasta Tekla Structures -rakennemallista tätä toimintoa varten kehitetyllä ohjelmalla.

Tuiskunkadussa sen sijaan alussa muodostui ongelmaksi tietomallien yhteensopimattomuus. Parma vastasi kohteessa hissikuiluelementtien toimituksesta ja A-insinöörit oli jo suunnitellut hankkeen tietomallin. Kun Parman oma suunnittelu aloitti hissikuiluelementtien suunnittelun, tekivät he oman mallin siitä. Seurauksena mallien GUID:t eivät täsmänneet, jonka takia statuspäivitykset eivät näkyneet pilvipalvelussa. Ratkaisu ongelmaan saatiin, kun A-insinöörit poistivat hissikuiluelementit omasta mallistaan ja Parma puolestaan julkaisi oman mallinsa. Tämän jälkeen mallit yhdistettiin ja kaikki toimi normaalisti.

Elementtitoimittajan ei tarvinnut käydä tarkastamassa, että kaikki oli kunnossa statuspäivitysten merkitsemisessä koska, jos päivityksessä ilmeni joku ongelmatilanne, tuli siitä lokimerkintä ja ilmoitus. Järjestelmä on siis täysin automaattinen. Kuitenkin vielä

toistaiseksi tarvitsee erikseen käydä määrittelemässä ERP:ssä niiden projektien tunnukset, mitkä halutaan liittää statustoiminnallisuuteen eli, joista halutaan päivittää statustietoja pilvipalveluun. Lisäksi projektin päätyttyä täytyy käydä manuaalisesti katkaisemassa statustietojen lähettäminen järjestelmästä. Tulevaisuudessa sitä ei tarvitse tehdä manuaalisesti vaan, kun projekti on loppuselvitetty, poistuu projekti automaattisesti sieltä pois. Toisaalta sillä ei ole merkitystä, koska ERP:stä lähetetään aina vain muuttuneet tiedot. Projektin päätyttyä muuttuneita tietoja ei ole ja järjestelmä yrittäisi siis lähettää tyhjää, eikä siinä sinänsä olisi mitään ongelmaa. Tulevaisuudessa myös projektin statustietojen lähetyksen aloittaminen olisi mahdollista tapahtua automaattisesti, koska statustietoja ruvettaisiin syöttämään jokaisesta projektista pilvipalveluun.

5.3 Statustietojen seuraaminen

Muiden osapuolten statustietojen seuraaminen jäi pilotoinnissa vähäiseksi. Helsingin Rion työmaa ei kokenut hyödylliseksi käyttää ollenkaan statustyökalua, koska pilotoinnissa oli mahdollista seurata ainoastaan ontelolaattojen tilannetta. Espoon Calibrissa statustyökalu puolestaan oli testauksessa ainoastaan työmaalla, ei elementtisuunnittelijoilla tai -toimittajilla. Lisäksi Tuiskunkadun rakennushankkeessa statustietojen seuraamista ei pystytty toteuttamaan täysimääräisesti, koska kohteeseen eniten elementtejä toimittava yritys ei lähtenyt mukaan pilotointiin.

Suunnittelutoimisto: Vaikka suunnittelutoimistossa statustietoja ei aktiivisesti seurattu pilotoinneissa, pyrittiin haastatteluissa kuitenkin selvittämään, miten statustietoja suunnittelutoimistossa pystyttäisiin hyödyntämään. Esille nousi kolme asiaa. Ensinnäkin projektipäällikkö olisi kiinnostunut seuraamaan suunnittelun tilannetta, eli statustyökalua pystyttäisiin hyödyntämään sisäiseen projektinhallintaan. Toiseksi suunnittelijoita kiinnostaisi tietää tehtaan tilanne, eli onko tehdas jo valmistanut jonkun tietyn elementin. Lisäksi hankkeissa, joissa on useita suunnittelijoita, statustyökalun avulla olisi mahdollisuus tarkistaa suunnittelua koskevissa rajapinnoissa, missä toisen henkilön suunnittelu etenee.

Tehtaan tilanteessa muutosten tekemisen mahdollisuus on se tieto, mitä suunnittelijat kaipaavat. Toisin sanoen heitä kiinnostaa tietää, kerkeääkö edelleen tekemään muutoksia johonkin tiettyyn elementtiin. Esimerkiksi elementin reikä tieto on voinut olla aluksi puutteellinen ja silti suunnitelma on lähetetty tehtaalle. Suunnitelma on mahdollisesti voinut olla tehtaalla jo pidemmänkin aikaa. Kun suunnittelijoille tulee muutostieto kyseistä reiästä, kiinnostava tieto on elementin tilanne tehtaassa, eli onko kyseisen elementti jo valettu vai ei. Jos suunnittelijat kiireessä pystyisivät näkemään tämän tiedon suoraan ohjelmasta, olisi se hyvä asia ja nopeuttaisi toimintaa.

Työmaat: Tuiskunkadun työmaalla pystyttiin hieman seuraamaan myös muiden osapuolten statustietoja. Seuraaminen ei kuitenkaan ollut säännöllistä ja sitä oli suhteellisen vähän, koska kohteen suurin elementtivalmistaja ei osallistunut pilotointiin. Lisäksi

runkovaiheen käynnistyessä elementtisuunnittelun tilanne oli jo pitkällä. Tämän vuoksi projektissa ei ollut aikataulupainetta suunnitelmien valmistumiseen liittyen ja suunnittelun tilanteen seuraamiseen ei siten ollut erityistä tarvetta.

Haastattelujen mukaan työmaalle kiinnostava tieto on se, pystyykö elementtien suunnitteluun vielä vaikuttamaan. Tähän seikkaan vaikuttaa elementtien valmistuksen tilanne. Valmistuksen tilanne kiinnostaa työmaata muutenkin. Erityisesti tarve valmistuksen tilanteen seurantaan on silloin, kun kohteessa on jotain kriittisiä erikoiselementtejä, jotka ovat hieman tavallisesta poikkeavia ja aikataulullisesti niiden saaminen oikeaan aikaan on tärkeää. Tällöin ohjelman avulla voisi saada varmistuksen siitä, että kyseiset erikoiselementit on huomioitu tehtaan tuotannossa.

Työmaalla pystytään ennakoimaan toimintaa paremmin, jos siellä tiedetään, missä suunnittelu etenee. Siksi myös suunnittelun statustietojen seuraamiselle on tarvetta. Erityisesti tarvetta on silloin, kun kohteen aikataulu on todella tiukka. Tällöin statustietojen avulla voidaan varmistua siitä, että suunnittelu etenee ajallaan ja viivästyksiä aikatauluun ei ole tulossa suunnittelun tilanteesta johtuen. Työmaalle tärkeä tieto on myös se, milloin suunnittelutoimistossa laaditut kuvat saapuvat tehtaalle. Piirustusta ei tavallisesti lähetetä heti suunnitelman valmistuttua, vaan niitä lähetetään isommissa nipuissa esimerkiksi viikon päätteeksi. Tästä johtuen työmaa haluaa varmistua siitä, että kuvat todella saapuvat tehtaalle tarpeeksi ajoissa elementtien toimitusajankohtaan nähden.

Lisäksi haastattelujen mukaan omia statustietoja pystytään hyödyntämään työmaalla tuotannonsuunnittelussa ja -ohjauksessa. Tarpeellisia statustietoja ovat elementtien tilaus, varastointi ja asennus. Usein tietoja niistä on merkitty tussilla tasopiirustuksiin. Edellisten lisäksi elementtien vastaanotto voi joissakin hankkeissa olla tarpeellinen tieto. Myös statustietojen merkitseminen paikallavaluista voi olla järkevää osassa projekteista. Periaatteessa se voidaan kuitenkin toteuttaa asennus-statustoimintoa käyttämällä.

Elementtitoimittaja: Elementtitoimittajalla statustietojen seuraamisesta olisivat kiinnostuneita tuotannonsuunnittelija tai työnjohto, joka suunnittelee tulevia valuja. Pilotoinneissa tällaista seurantaa ei kuitenkaan tapahtunut. Tulevaisuudessa se voisi silti olla osa päivittäistä toimintaa. Haastattelujen mukaan elementtitoimittajalle suunnittelun status on kaikista tärkein ja kiinnostavin tieto. Siihen halutaan läpinäkyvyyttä kaikille osapuolille. Suunnittelun tilanne kiinnostaa, koska sen avulla nähdään, missä suunnittelu etenee suhteessa elementtien valmistuksen aloitukseen ja toimitukseen.

Työmaan tilanne kiinnostaa myös elementtitoimittajaa. Työmaan tilanteessa kiinnostavia tietoja ovat tilatut elementit, suunnitellut asennuspäivämäärät sekä reklamaatiot. Suunnitellut asennuspäivämäärät ovat elementtitoimittajalle kiinnostavia mahdollisimman oikeina ja realistisina. Niiden avulla tehdas pystyy optimoimaan omaa tuotantoansa siten, että elementit saadaan valmistettua ja toimitettua ajallaan työmaalle. Lisäksi ele-

menttitoimittajalle elementtien asennusjärjestys on kiinnostava tieto kuormien suunnittelua varten.

Pilotoinneissa elementtien tilausta, asennuspäivämäärien ilmoittamista ja reklamointien tekemistä ei toteutettu statustyökalun avulla. Tulevaisuudessa se voi kuitenkin olla täysin mahdollista. Asennuspäivämäärien ja asennusjärjestyksen ilmoittamista varten kätevää olisi, jos ohjelman avulla pystyisi laatimaan kyseiset suunnitelmat. Siten ne olisivat automaattisesti pilvipalvelussa myös elementtitoimittajan nähtävissä.

Elementtitoimittajaa voisi kiinnostaa pilotoinnissa mukana olleiden statustoimintojen lisäksi seurata tarkemmin suunnittelun tilannetta. Esimerkiksi heitä voisi kiinnostaa suunnitelmien ennakoitu valmistuspäivämäärä, mikäli tällainen tieto ylipäättään on olemassa. Tämä tieto olisi siis tarkempaa kuin suunnitteluaiakataulu, ja se voisi olla vaikka elementtikohtaista. Lisäksi elementtitoimittajaa voisi kiinnostaa joku karkeasuunnittelua koskeva tieto. Tämä tieto voisi olla esimerkiksi, että elementin geometria on lyöty jollain tapaa lukkoon. Eli vaikka tarkka suunnitelma siitä vielä puuttuisi, niin geometria olisi jo sillä tavalla lukittu, että elementtitehdas voisi tehdä valuohjelmointia. Karkeasuunnittelun statuksen avulla pystyisi mahdollisesti tiivistämään prosessia ja ennakoimaan paremmin tuotantoa.

Statusarvojen ymmärrettävyys: Statusarvoista Valmius ja Sitouduttu tuottivat haastattelujen mukaan vaikeuksia hahmottaa, mitä ne todellisuudessa tarkoittivat. Osapuolilla ei ollut selkeää käsitystä niiden merkityksistä. Valmius ja Sitouduttu ovatkin sellaisia statusarvoja, joiden merkitys voi periaatteessa vaihdella hieman, koska kyseiset sanat itsessään eivät kuvaa tarpeeksi tarkasti mitään tiettyä tilannetta. Sen sijaan Aloitettu, Keskeytetty ja Valmis koettiin selkeiksi ja yksinkertaisiksi ymmärtää.

Statusarvot Valmius ja Sitouduttu olivat pilottikohteissa käytössä ainoastaan elementtitoimittajalla. Parman statusarvoista elementtien valmistusta koskeva Valmius tarkoitti, että elementti on siirretty valmistusjärjestelmään. Tämä tarkoittaa sitä, että elementtitoimittaja on vastaanottanut suunnittelutoimiston lähettämät suunnitelmat ja myös elementtitoimittajan sisäinen suunnittelu on valmis. Tällöin suunnitelma on siis kokonaisuudessaan valmis valmistusta varten. Elementtien valmistusta kuvaava Sitouduttu-statusarvo puolestaan kuvasi sitä, että elementti on valuohjelmalla, eli sille on määritelty valmistusaika ja -paikka.

Hieman epäselvyyttä pilotoinneissa aiheutti elementtitoimittajan valmistusta kuvaava statusarvo Valmis. Se ei tarkoittanut sitä, että elementti olisi jo ollut täysin valmis toimitettavaksi, vaan sitä, että elementti oli valettu. Vasta elementtitoimittajan varastoinnissa käytetty statusarvo Valmis kuvasi sitä, että elementti oli valmis toimitettavaksi. Tutkimuksessa jäi kuitenkin epäselväksi, miten haastateltavat olivat ymmärtäneet kyseiset statukset.

Tarvittavat statukset: Suunnittelijat ja työmaan henkilöstö kaipaivat elementtitoimittajalta tietoa muutosten tekemisen mahdollisuudesta. Pilotoinnissa Sitouduttu-status ei vielä kuvannut tarpeeksi hyvin sitä, ovatko muutokset mahdollisia. Yleisesti sääntö on se, että jos elementti on valmistusjärjestelmässä, muutos ei ole mahdollinen ilman erillistä kommunikointia. Muutos voi kuitenkin olla mahdollinen, jos esimerkiksi suunniteltu valupäivä on vasta kahden tai kolmen viikon päästä. Tällöin muutos on mahdollinen määritettyjen raja-arvojen puitteissa. Muutostarpeen ilmaantuessa elementtitoimittajan oman suunnittelun tai tehtaan henkilöstön osalta elementti tulee kuitata keskeneräiseksi ja odottaa uutta päivitettyä tietoa. Siihen, kuinka myöhään muutokset ovat mahdollisia, vaikuttaa osaltaan elementin tyyppi.

Muutosten tekemisen mahdollisuuden lisäksi elementtien valmistuksen tilanteesta työmaata kiinnostaa eniten, milloin tehtaalla on kaikki tarvittavat tiedot valmistusta varten, valmistuksessa tulleet ongelmat ja se, kun elementti on valmis. Näitä tilanteita kuvasivat jo pilotoinneissa elementtitoimittajan valmistuksen statukset Valmuis ja Keskeytetty sekä elementtien varastoinnissa käytetty status Valmis. Sen sijaan valmistuksen Sitouduttu-statuselle, työmaa ei vielä nähnyt käyttötarkoitusta tällä hetkellä. Huomattavasti tärkeämpi tieto sen tilalle olisikin tieto muutosten tekemisen mahdollisuudesta. Myös hieman työmaasta riippuen elementtitoimittajan toimitettu-statustoimintoa pidettiin mahdollisesti tarpeettomana, koska mestari itse sopii elementtien toimitusajan, joten hän tietää, milloin toimituksen tulisi saapua työmaalle.

Elementtien valmistuksen Valmis-statusarvon ei voida todeta täysin varmasti olleen turha, koska haastateltavat eivät välttämättä olleet tietoisia sen merkityksestä. Joka tapauksessa työmaat kokivat tarpeelliseksi tiedon siitä, että elementin valmistus on kokonaisuudessaan valmis. Tätä siis kuvasi pilotoinneissa elementtitoimittajan varastoinnin statusarvo Valmis. Kuitenkaan haastateltavat eivät erikseen maininneet tärkeäksi varastoitu-statustoimintoa. Sen vuoksi epäily herää siitä, että haastateltavilla ei ollut riittävää tietoa kyseisistä statustoiminnoista ja niiden arvoista. Statustietoja voisikin ehkä olla järkevämpää päivittää vain elementtien valmistuksen statustoiminnoista, ei erikseen valmistuksesta ja varastoinnista. Tässä tapauksessa Valmis-statusarvon pitäisi kuvata aiempaa varastoinnissa käytettyä statusarvoa. Sen sijaan pilotoinneissa käytettyä elementtien valua koskenutta statusta ei ehkä olisi tarpeellista käyttää.

Työmaille tärkeä tieto on myös milloin kuvat saapuvat tehtaalle. Suunnittelijat eivät lähetä valmiita kuvia heti kun ne valmistuvat, vaan ryppäissä esimerkiksi viikon päätteeksi. Tästä syystä suunnittelun valmistumista kuvaava status ei vielä kerro tarkasti, milloin kuvat todellisuudessa lähtevät tehtaalle. Kun ulkopuolisen suunnittelijan suunnitelma saapuu tehtaalle, se tarkastetaan ja hyväksytään. Tällä hetkellä tieto tallennetaan elementtitoimittajan tietokantaan huomautustietona – Suunnitelmat saapuneet. Ongelmana on kuitenkin, että suunnittelija ei välttämättä tarkasta lähtötietoja heti, ellei elementti ole menossa suoraan tuotantoon. Valmuis-status kirjataan vasta sen jälkeen, kun

tehtaan sisäinen suunnittelu on myös valmis. Mikään nykyisistä statuksista ei siis kuvannut vielä tarkasti sitä, että suunnitelmat saapuivat tehtaalte.

Muut toiminnot: Statustietojen seuraamiseen liittyen ohjelmaan on kehitetty aikajana-toiminto ja useiden statustoimintojen visualisointiin tarkoitettu näkymä. Toimintojen testaus jäi pilotoinnissa kuitenkin hyvin vähäiseksi. Useiden statustoimintojen näkymä koettiin hyödylliseksi kokonaistilanteen luomisessa, mutta sen käyttö edellyttäisi kaikkien osapuolten osallistumista ja sitoutumista statustietojen päivittämiseen. Siksi sitä ei juuri pystytty hyödyntämään pilottihankkeissa. Aikajanatoiminto sen sijaan vaikutti kömpelöltä. Liukukytkimen käyttö ei ollut sulavaa ja vaivatonta. Yksi ongelma siinä oli se, että liukukytkimestä ei tarkkaan tiennyt, missä edelliset tilanteet aikajanalla sijaitsivat. Myös liukukytkimen asettaminen haluttuun kohtaan oli kömpelöä ja haastavaa. Edellisten tilanteiden lataaminen vei aina sen verran aikaa, ettei kahta tilannetta voinut verrata keskenään helposti ja nopeasti. Toiminnosta pitäisi myös pystyä näkemään, mihin tilanteeseen kytkintä on siirtämässä.

5.4 Statustenhallinta osana työmaan tuotannonohjausta

Työmaan tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus ovat myös statustyökalun käytön kannalta tärkeitä asioita. Ne kiinnostavat varsinkin ohjelman kehityksen kannalta. Lisäksi tarkastelemalla tuotannonsuunnittelua ja -ohjausta, saadaan parempi käsitys statustyökalun käytön sijoittumisesta työmaan muuhun toimintaan.

Skanskan työmailla ei enää puhuta Leanista, vaan yleisesti tuotannon suunnittelusta ja ohjauksesta. Silti heillä on edelleen käytössä Lean -työkaluja. Erityisesti Skanskalla on käytetty Last Planner -menetelmää, joka esiteltiin tarkemmin luvussa 2.4.3. Last Plannerissa tärkeimpiä toimintoja ovat viikkosuunnittelu, valmisteleva suunnittelu ja vaihe- aikataulut. Last Planner on Skanskalla käytössä tuotannonsuunnittelussa, viikkosuunnittelussa ja valmistelevassa suunnittelussa.

Yleisaikataulun suunnittelua Skanskalla tehdään Trimblen Schedule Plannerilla eli vanhalla Vico Controlilla. Sillä tehdään vinoviiva-aikataulu. Sen lisäksi on käytössä käännetty vaiheaikataulu, joka voidaan tehdä esimerkiksi post-it -lapuilla. Valmistelevaa suunnittelua voidaan tehdä olemassa olevaan Excel-pohjaan tai jollakin aikataulu-suunnitteluohjelmalla. Viikkosuunnittelussa työnjohtajat tekevät suunnittelua 1-3 viikkoa eteenpäin ja myös siihen on olemassa Excel-pohja. Skanskan tarkoituksena on pyrkiä pääsemään eroon Exceleistä ja käyttämään pilvipohjaisia ratkaisuja siten, että aikataulut saataisiin reaaliajassa ja myös työmaalla pystyttäisiin helposti katsomaan niitä.

Runkovaiheessa aikataulun toteutuman valvontaa on usein suoritettu vinjetin avulla. Työn eteneminen voidaan esittää valvontavinjetissä rastittamalla siten, että ensimmäinen viiva piirretään, kun työ on aloitettu ja toinen viiva, kun työ on valmis. Lisäksi tavallisesti

apuna käytetään eri värejä ilmaisemaan, onko työ edennyt ajallaan, etuajassa vai myöhässä. Viikkosuunnitelman valvonta sen sijaan on tavallisesti toteutettu hyvin pelkistetysti. Viikkosuunnitelmaan on kirjattu tavoite, mitkä lohkot pitää olla asennettuna sen viikon aikana. Seuraavalla viikolla kirjataan, miten tavoite on toteutunut. Tämä merkitsee kaikessa yksinkertaisuudessaan sitä, että kirjataan tavoitteeseen toteutunut tai ei toteutunut. Mikäli tavoitteeseen ei päästy, merkitään vielä, mitä jäi tekemättä.

Toteuman vertaaminen tavoiteaikatietoihin pilotointiin osallistuneilla työmailla oli hoidettu keskenään eri tavalla. Tuiskunkadun työmaalla ei koettu runkovaiheessa tarpeelliseksi verrata toteumaa tavoiteaikoihin, koska rungon pystyttäminen koettiin niin systemaattiseksi ja yksinkertaiseksi. Elementit asennettiin saman tien paikoilleen, kun ne saapuivat työmaalle, joten sinällään ne menivät automaattisesti aikataulun mukaisesti. Edellyttäen tietysti, että toimitus saapui ajallaan. Jossain vaikeammassa kohteessa voisi kuitenkin haastattelun mukaan saada enemmän hyötyä toteuman vertaamisesta tavoiteaikatietoihin. Calibrin työmaalla toteumaa verrattiin tavoiteaikatietoihin työvaiheen aikatauluun vertaamalla.

Erityisesti vaikeammissa kohteissa toteuman vertaaminen tavoiteaikatietoihin on oleellinen osa toimitusketjun hallintaa, jotta riskit osataan nähdä aikataulussa. Siksi haastateltavat kokivatkin, että niin kauan kun tavoiteaikatiedot eivät näy pilotoidussa ohjelmassa, on se suhteellisen iso puute. Ohjelmaan kaivattiin ominaisuutta, joka vertaisi statustietoja aikataulutietoon ja muodostaisi niiden pohjalta käsityksen siitä, onko työmaa aikataulussa.

Monet työmaat ovat tottuneet merkitsemään elementtien toimituksen ja asennuksen ohjauksessa tasopiirustuksiin tussilla merkintöjä siitä, mitä elementtejä on suunniteltu, valmistettu, tilattu ja asennettu. Tämä tapa on koettu helpoksi ja selkeäksi. Yksi syy siihen on, että siinä näkyvät elementtitunnukset. Työmaat ovat tottuneet hoitamaan asioita elementtitunnusten avulla. Esimerkiksi elementtien tilaus tapahtuu pelkästään elementtitunnuksia käyttämällä. Tasopiirustuksista myös näkee kerralla helposti koko kerroksen tilanteen. Toisaalta kokonaistilanteen hahmottaminen on hieman vaikeampaa, koska yhdessä tasopiirustuksessa on kerrallaan aina vain yhden kerroksen elementit. Tämän takia kokonaistilanteen saamiseksi tulee tarkastella useita tasopiirustuksia. Kaikilla työmailla tasopiirustusmerkinnät eivät kuitenkaan ole olleet käytössä. Pilottihankkeista Espoon Calibrin työmaalla tämä tapa oli käytössä, Tuiskunkadun työmaalla puolestaan ei.

Elementtien toimituksessa on monta asiaa, jotka tulee ottaa huomioon. Näitä asioita ovat elementtitehtaan toimitusajat, riittävän ajan varaaminen elementtisuunnitteluun sekä elementtien asennusaikataulu. Lisäksi tulee huolehtia, että tehdas saa suunnitelmat tarpeeksi ajoissa, jotta toimitus työmaalle ei myöhästy. Työmaan tulee huolehtia yhdessä elementtitoimittajan kanssa siitä, että toimitus tapahtuu elementtien asennussuunnitelman edellyttämässä järjestyksessä. Elementtitehdas on se, joka tietää, mitä elementte-

jä voidaan laittaa samaan kuormaan. Hankaluuksia siinä tuottaa se, että elementit ovat erikokoisia ja -painoisia, ja siksi niitä ei voida toimittaa tarkassa asennusjärjestyksessä.

Työmailla mestarit hoitavat elementtien tilauksen. Elementtien tilaus on tavallisesti tapahtunut siten, että työmaa tilaa kerralla yhden kerroksen elementit. Kyseisten elementtien tunnuksot listataan Exceliin ja lähetetään sähköpostilla tehtaalte. Tämän jälkeen tehdas muodostaa tilauksesta kuormat ja lähettää työmaalle listat, missä järjestyksessä elementit pystytään toimittamaan. Toimittajan kanssa on sovittu elementtien asennusjärjestys, jonka pohjalta tehdas pyrkii toimittamaan elementit työmaalle.

Työmaiden henkilöstöä haastateltaessa tuli ilmi, että tavallisesti heidän työmailla ei ole pidetty kirjaa vastaanotetuista elementeistä. Työmailla on luotettu pitkälti siihen, että he vastaanottavat juuri sen, mitä on tilattu. Muutenkin työmaat kokivat, että elementtien vastaanoton yhteydessä ei ole aikaa suorittaa tarkkaa tarkistusta. Calibrin työmaalla, jossa elementtejä varastoitii työmaalle, suoritettiin kuitenkin aina välillä tarkastus fakissa olevista elementeistä. Nämä tiedot kirjattiin muistivihkkoon. Työmailla, joilla on ollut tapana varastoida elementtejä, olisi hyvä, jos fakissa olisi elementtejä suurin piirtein vajaan kerroksen tarpeisiin. Tuiskunkadun työmaalla elementtejä ei varastoitu työmaalle. Siellä mestarit pitivät kirjaa tilatuista elementeistä, ja koska saapuneet elementit asennettiin heti, olisivat mestarit nähneet siitä, jos joku elementti olisi puuttunut.

Viallisten elementtien tapauksessa työmaat toimivat siten, että lähtökohtaisesti elementti pyritään paikkausten avulla saamaan kuntoon. Jos työmaalle kuitenkin tulee niin viallinen elementti, että sitä ei pystytä asentamaan, soitetaan ensin elementtitoimittajalle ja informoidaan heitä viallisesta elementistä. Sen jälkeen täytetään reklamaatiolomake, joka menee sähköisenä järjestelmään kaikille tiedoksi. Viallinen elementti toimitetaan takaisin tehtaalte. Loppuselvityksessä nämä asiat vielä käsitellään uudestaan.

Pilotoinneissa työmaille saapui jonkin verran viallisia elementtejä. Niistä kaikista selvitettiin kuitenkin tekemällä pieniä paikkauksia. Työmaille ei siis saapunut niin viallisia elementtejä, että niitä ei olisi pystytty asentamaan paikoilleen. Statustyyökalua ei siten päästy testaamaan tilanteessa, jossa asennuskelvoton elementti olisi saapunut työmaalle. Yhdessä haastattelussa tuli esille idea viallisia elementtejä koskevien asioiden hoitamisesta Trimble Connectin ToDo-toiminnon avulla. Tällöin yhden ohjelman avulla voisi hoitaa useampia tehtäviä. Erityisen kätevää toiminnon käyttämisestä tekisi, jos havaitut ongelmat olisi mahdollista linkittää suoraan elementtitehtaan omaan poikkeama- tai reklamaatiojärjestelmään.

5.5 Statustyyökalun mahdollistamat hyödyt

Tärkeimpinä statustyyökalun hyötyinä pidettiin kommunikoinnin helpottumista, riskien ennakoimista, lisääntyntä varmuutta toimitusketjussa ja toimitusketjun tilanteen visualisointia. Muita saavutettavia hyötyjä ovat muutostilanteiden hallinnan ja toimitusket-

jun läpinäkyvyyden paraneminen, tiedon jakamisen helpottuminen ja käytännön työn muuttuminen selkeämmäksi. Lisäksi statustyökalun käyttö tulee muuttamaan perinteisiä toimintatapoja, jonka takia osa vanhoista toimenpiteistä jää kokonaan tai osittain tarpeettomiksi. Muitakin hyötyjä on saavutettavissa, jos statustyökaluun kehitetään tiettyjä uusia ominaisuuksia.

Pilotoinnissa ei päästy hyödyntämään statustyökalun käyttöä täysin toivotulla tavalla. Statustyökalusta koettiin olevan eniten hyötyä isoissa hankkeissa, joissa on paljon osapuolia. Pilottihankkeissa kaikkia osapuolia ei kuitenkaan saatu sitoutettua ohjelman testaukseen, joten työkalun käytöstä ei juurikaan havaittu olevan hyötyä kyseisissä hankkeissa. Haastateltavia pyrittiin kuitenkin heidän ammattitaitoon pohjautuen arvioimaan, mitä hyötyjä statustyökalun käytöstä olisi, jos se olisi kaikilla tarvittavilla osapuolilla käytössä ja kaikki olisivat kunnolla sitoutuneita statustietojen merkitsemiseen.

Haastateltavat olivat samaa mieltä siitä, että statustyökalun käyttö tulee vähentämään perinteistä yhteydenpitoa osapuolten välillä. Etuna vanhaan tapaan toimia on se, että ohjelmasta näkee suoraan toimitusketjun tilanteen. Statustyökalun käytön myötä ei siis enää tarvitse erikseen ottaa yhteyttä sähköpostilla tai puhelimella muihin osapuoliin niin usein. Välillä ihmisten tavoittaminen voi muutenkin olla vaikeaa. Jos laittaa jollekin henkilölle sähköpostin tai tekstiviestin, ja toinen ei vastaa siihen mitään, jää silloin helppo miettimään, onko hän edes lukenut kyseistä viestiä. Statustyökalun käytön myötä voisi saada vastauksen kysymykseen ottamatta edes yhteyttä. Statustyökalun käyttö vähentää siis arvuuttelua ja parantaa osapuolten välistä kommunikointia, koska ohjelmasta voi suoraan katsoa, onko esimerkiksi jotkut tietyt elementit jo valmistettu. Tämä lisää toimitusketjun varmuutta.

Statustyökalun käytön myötä myös ennakoitavuus paranee, koska muiden osapuolten tilanteen voi nähdä suoraan järjestelmästä. Tarkkailemalla muiden tilanteita, voi suunnitella omaa toimintaa niin, ettei ongelmia pääse syntymään. Esimerkiksi elementtien valmistuksen tilanne ei pääse yllättämään työmaata, jos työmaalla havaitaan hyvissä ajoin, että edes suunnitelmat eivät ole vielä valmistuneet kyseisistä elementeistä. Tällöin työmaa tietää hyvissä ajoin, että ei tule saamaan kyseisiä elementtejä haluamanaan ajankohtana. Näin työmaa voi yrittää muokata omaa toimintaansa niin, että toimituksen viivästymisestä ei muodostu heille ongelmaa. Statustyökalun käyttö auttaa siis riskien ennakoimisessa.

Ohjelman käyttö mahdollistaa myös kaiken statustiedon varastoinnin kootusti yhteen paikkaan. Jos kaikki projektin osapuolet käyttävät statustyökalua ja päivittävät tietojaan aktiivisesti pilvipalveluun, paranee toimitusketjun läpinäkyvyys. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkien osapuolten tilanne näkyy muille osapuolille kerralla ja helposti. Jokainen ohjelman käyttäjä hyötyy siitä, että statustiedot ovat selkeästi koottu yhteen ohjelmaan. Kun kaikki statustiedot ovat samassa paikassa, ei kenenkään tarvitse miettiä, mistä jokin tieto olisi saatavilla. Tiedon hakeminen siis helpottuu, mikä auttaa osapuolten toimintaa.

Yksi hyödyistä on muutostilanteiden hallinnan paraneminen. Se tulee paranemaan, koska tulevaisuudessa toimitusketjun tilanne on selvä ilman, että kenenkään täytyy soittaa tai lähettää sähköpostia jollekin toiselle. Järjestelmästä näkyy suoraan, onko muutos vielä mahdollinen. Vastaava tilanne olisi myös aikataulutiedon kanssa, jos kyseiset tiedot olisivat järjestelmässä. Ohjelmasta näkisi tällöin suoraan, mikä on suunnittelun tilanne ja sen avulla olisi mahdollista todeta, onko suunnittelu aikataulussa. Statustyökalun käytön myötä kommunikointi muuttuu siis enemmänkin toteavaksi. Tämä muuttaa käytännön työtä selkeämmäksi, yksinkertaisemmaksi ja standardisemmaksi.

Ohjelman käyttö voi lisäksi muuttaa osapuolten välistä yhteydenpitoa, sillä ohjelman kautta voi suoraan laittaa viestiä toiselle osapuolelle. Tämä voi korvata perinteiset puhelinsoitot ja sähköpostiviestit. Jos tieto on ohjelmassa reaaliaikaista, voidaan kommunikointia käydä suoraan kyseisessä ohjelmassa. Esimerkiksi viallisia elementtejä koskevat asiat voitaisiin hoitaa ohjelman välityksellä. ToDo-toiminnon avulla työmaan on helppo lähettää viallisesta elementistä ilmoitus elementtitoimittajalle. Kun ohjelmaa käyttää mobiililaitteella, on lisäksi helppo lisätä kuva viallisesta elementistä viestin liitteeksi.

Ohjelman käytöstä havaittiin olevan hyötyä myös toimitusketjun tilanteen visualisoinnissa. Varsinkin kohteen ulkokuoren tilanteen pystyi näkemään helposti. Sisäpuolisten rakenteiden osalta tilanteen seuraaminen ei kuitenkaan ollut aivan yhtä yksinkertaista. Apuna oli pakko käyttää leikkaustyökalua, kategorioita tai valmiiksi luotuja näkymiä kerroksista, jotta sisäpuolisten rakennusosien statustiedot pystyi näkemään. Tämän jälkeen ohjelma toimi kuitenkin hyvin tilanteen visualisointiin.

A-insinööreillä on jo aikaisemmin ollut käytössä Tekla Structuresin mukana tullut Status Tool. Tämä työkalu on kuitenkin kehitetty lähinnä oman tilanteen seurantaan. Siitä on todettu olevan hyötyä hankkeissa, joissa on useita suunnittelijoita. Tällöin työkalun avulla on suunnittelua koskevissa rajapinnoissa ollut mahdollisuus tarkistaa, missä toisen henkilön suunnittelu etenee. Uutta statustyökalua suunnittelijat käyttivät pitkälti samalla tavalla kuin vanhempaa Status Toolia.

Uuden statustyökalun hyöty tulee kuitenkin siinä, kuinka kumppanien kanssa pystytään jakamaan tietoa helpommin. Suunnittelijat näkevät nykyisellään työkalulla toistensa tilanteet hyvin, mutta uusi työkalu mahdollistaa tiedon jakamisen helposti myös kumppaneille. Jotkut urakoitsijat ovat aiemminkin halunneet saada mallipohjaisesti tiedon suunnittelun tilanteesta. Jos Tekla Model Sharing ei ole käytössä projektissa, urakoitsijat eivät muuten voi päästä statustietoon käsiksi, elleivät suunnittelijat lähetä heille IFC-mallia, joka sisältää kyseisen statustiedon. Uuden statustyökalun käytön avulla vältetään tältä IFC-mallien lähettämiseltä pelkästään statustietojen takia. Tietenkin IFC-malleja tarvitaan törmäystarkasteluihin ja muuhun, mutta statustietojen jakamisen takia suunnittelijoiden ei siis enää tarvitse lähettää malleja muille osapuolille.

Statustyökalu mahdollistaa jatkossa myös joidenkin muiden vanhojen toimenpiteiden jäämisen turhaksi. Esimerkiksi työmailla tuskin koetaan enää tulevaisuudessa tarpeelliseksi merkitä statustietoja tasopiirustuksiin, jos pilvipalvelussa muidenkin osapuolten statustiedot ovat reaaliajassa nähtävillä. Tällöin vältetään myös työmaalla muistiinpanojen merkitsemisestä paperille ja sen jälkeen työmaatoimistolla niiden kirjaamisesta. Riittää vain, että mobiililaitteella paikan päällä suorittaa vastaavat työt. Kuten jo aikaisemminkin tuli ilmi, myös sähköpostit ja puhelinsoitot jäävät osittain tarpeettomiksi. Varmasti niitä tullaan tarvitsemaan jatkossakin, mutta niiden tarve tulee kuitenkin selvästi vähenemään.

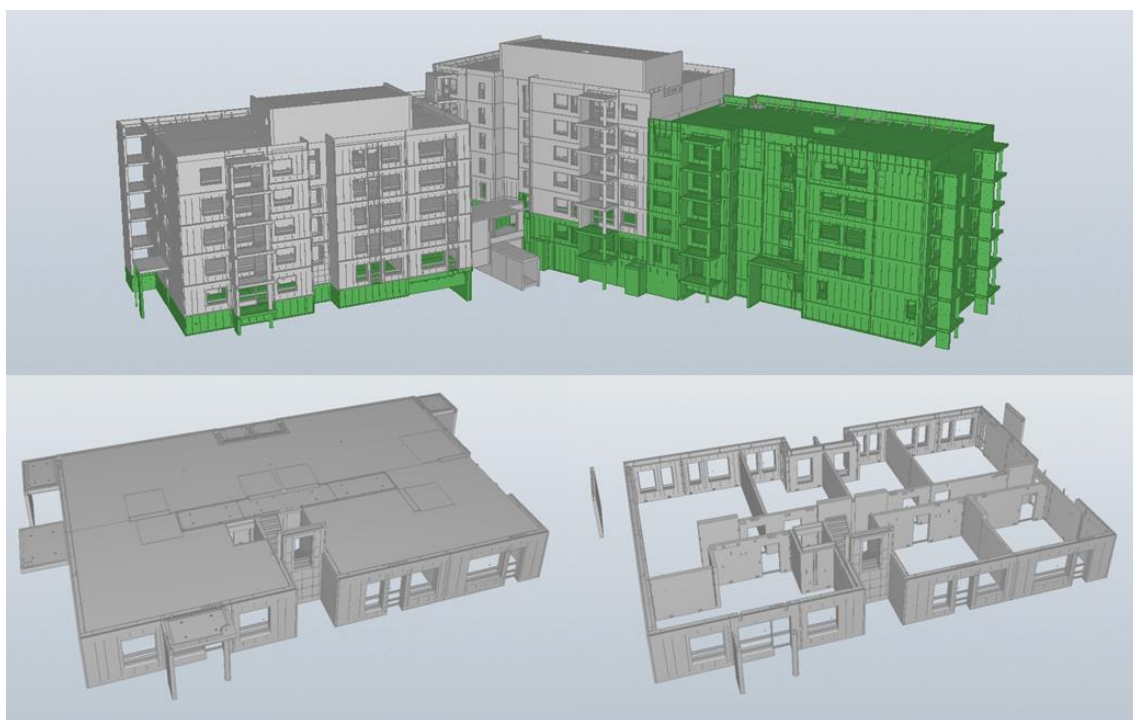
Tulevaisuudessa statustyökalu voi mahdollistaa vielä enemmänkin hyötyjä. Jos ohjelmaa lähdetään kehittämään käyttäjien toivomaan suuntaan eli, että se sisältäisi esimerkiksi elementtien tilaukseen liittyvän toiminnon ja sen avulla voitaisiin tehdä aikataulun valvontaa, olisi ohjelmasta paljon lisähyötyä. Tällöin elementtien tilauksessa ei tarvitsisi tarkastella elementtitunnuksia, kirjata niitä manuaalisesti ja lähettää niitä sen jälkeen sähköpostilla elementtitoimittajalle. Tilaaminen helpottuisi siis selkeästi. Mikäli ohjelmaan puolestaan kehitettäisiin aikataulutietoa palveleva ominaisuus, voisi ohjelma automaattisesti kertoa statuspäivityksiin pohjautuen, onko tuotanto aikataulussa vai ei. Tämä tietenkin helpottaisi aikataulun seurantaa ja auttaisi toimitusketjun osapuolia nopeammin huomaamaan mahdolliset viivästykset aikataulussa.

5.6 Ongelmakohdat

Statustyökalun käytössä ehkä suurimmaksi ongelmaksi haastateltavat kokivat ohjelman ajoittaisen hitauden. Lisäksi välillä ohjelma pysähtyi tai kaatui, kun yritti toteuttaa jonkun toiminnon. Ohjelman käytössä häiritsi myös se, että ohjelmasta ei aina nähnyt selvästi, yrittikö se ladata jotain vai ei. Esimerkiksi kun meni valmiiksi luotujen näkymien valikkoon, oli valikko aluksi tyhjä. Mistään ei kuitenkaan näkynyt, että ohjelma yritti samaan aikaan ladata niitä näkyviin. Jos käyttäjä ei ollut tarpeeksi kärsivällinen, ehti hän jo poistua valikosta ennen kuin ohjelma oli ehtinyt lataamaan kyseiset näkymät. Koska lataus ei käynyt ilmi mistään, ei käyttäjä voinut tietää, onko järjestelmässä jokin häiriö, vai eikö näkymiä olekaan luotu projektiin. Yhdessä nämä ongelmat häiritsivät ohjelman käyttöä ja tekivät siitä välillä epämiellyttävää.

Yksi merkittävä epäkohta ohjelmassa oli myös virheellisten statusarvojen palauttaminen alkuperäiseen tilanteeseen. Jos vahingossa antoi jollekin elementille virheellisen statusarvon, oli 10 sekuntia aikaa kumota virheellinen toiminto. Tämän ajan jälkeen palauttaminen alkuperäiseen statukseen tilaan ei enää onnistunut. Ongelma muodostui etenkin sellaisissa statustoiminnoissa, joihin oli valittu vain yksi statusarvo. Jos tämä statusarvo oli esimerkiksi valmis, ja ei ehtinyt tai huomannut tuon 10 sekunnin aikana kumoamaan virheellistä merkintää, jäi elementin statusarvo valmiiksi. Sen jälkeen sitä ei mitenkään voinut enää saada vaihdettua.

Statuspäivitysten tekemisessä esille nousi lisäksi pieni ongelma tietomallin rakenteesta. Suunnittelijoiden luoman tietomallin kategorioiden ryhmittely perustuu Tekla-rakennemalliin, jossa kohde on jaettu kerroksiin ja lohkoihin. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi 1. kerrokseen kuuluu kaikki kyseisen kerroksen pystyrakenteet sekä yläpuoliset välipohjarakenteet. Kyseinen jako ei palvele työmaata parhaalla mahdollisella tavalla, koska siinä yläpuolinen välipohja jää aina eteen peittämään näkymän sisälle kerrokseen. Jos haluaa siis tarkastella rakennuksen sisäosia, täytyy erikseen vielä piilottaa yläpuoliset rakenteet. Siinä kuluu jonkin verran aikaa ja se on arvoa tuottamatonta toimintaa. Erityisen hidasta piilottaminen voi olla, jos välipohja muodostuu esimerkiksi useista kymmenistä ontelolaatoista. Kategorioiden avulla luotua näkymää ja siinä ilmenevää ongelmaa on havainnollistettu kuvassa 5.1.



Kuva 5.1 Ylhäällä on kuva koko mallista, vasemmalla alhaalla kategorioiden avulla luotu kerrosnäkö Tuiskunkadun vasemmanpuoleisen lohkon 1. kerroksesta ja oikealla alhaalla vastaava näkö, kun välipohjarakenteet on piilotettu.

Tekla-rakennemalliin perustuva jako on sidottu siinä suhteessa, että rakennesuunnittelijan mallissa osien pitää olla juuri sillä tavalla ryhmiteltyinä. Arkkitehdillä välipohja puolestaan on jo toista kerrosta. Rakennesuunnittelijan malliin ei siis voida yleisiin suunnittelu- ja mallinnussopimuksiin, perustuen tehdä määrittelyä, joka palvelisi työmaata parhaalla mahdollisella tavalla kategorioiden käytössä.

Pilotoinnissa ongelmaksi muodostui tarvittavien henkilöiden ja osapuolten sitouttaminen ja osallistuminen ohjelman testaukseen. Ongelmia tuottivat lähinnä työmaiden työnjohtajat. Lisäksi olisi tarvittu enemmän osapuolia mukaan pilotointiin, jotta ohjelmaa olisi päästy kunnolla testaamaan statustietojen seuraamisessa. Nyt pilotoinneissa status-

työkalua käyttäneet henkilöt keskittyivät lähinnä ohjelman käyttämisen harjoitteluun ja statustietojen päivittämiseen, koska kaikilta tarvittavilta osapuolilta ei ollut saatavissa heidän statustietojaan.

Sitouttaminen on myös statustyökalun käytön leviämisen ongelma. Ohjelman käytöstä on mahdollista saada todellista hyötyä vain, jos kaikki tarvittavat henkilöt ja osapuolet osallistuvat ja sitoutuvat statustietojen päivittämiseen reaaliaikaisesti. Mikäli hankkeessa on esimerkiksi useita elementtitoimittajia, ei työmaalle ole juuri apua siitä, jos vain yksi elementtitoimittajista päivittää statustietojaan. Tämä muodostaa ehkä kaikista suurimman riskin statustyökalun käytön yleistymisessä. Välttämättä kovin moni yrityksistä ei ole valmis siirtymään ohjelman käyttöön ennen kuin siitä on varmasti saavutettavissa hyötyä. Käyttäjälle hyötyä voi kuitenkin muodostua vasta, kun kaikki tarvittavat osapuolet käyttävät työkalua. Tilanne muodostaakin siksi jopa pienen paradoksin.

Pienemmillä elementtitoimittajilla statustyökalun käyttöön siirtymisessä ongelmaksi voi muodostua ERP-linkin toteutus. Pienemmillä toimijoilla resurssit ovat rajallisia. Samoin Trimblen tukitoiminnot ovat rajallisia. Vaikka ERP-linkin toteutus ei Parmalla ollut erityisen kallis toimenpide, uuteen toimintatapaan siirtyminen maksaa silti jonkin verran. Jos elementtitoimittajalla ei ole osaamista omasta takaa linkin toteutukseen, voi olla melko iso kynnys lähteä mukaan toteutukseen. Lisäksi riskinä varsinkin pienemmillä elementtitoimittajilla voi olla, että ERP:stä ei ole kaikkia samoja tietoja saatavilla kuin isoimmilla toimittajilla.

Riskinä on myös, että ohjelman käyttö jää täysin irralliseksi työmaan muusta toiminnasta. Jos statustyökalua käytetään vain statusten merkitsemiseen ja seuraamiseen, voi se helposti jäädä hyvin pienelle huomiolle. Jos sen sijaan ohjelman avulla voisi esimerkiksi tilata elementtejä työmaalle tai suorittaa aikataulun valvontaa, olisi se työmaalle ehdottoman tärkeä työkalu.

Yksi ongelma oli se, että mobiiliversio ei haastateltavien mukaan soveltunut statustietojen merkitsemiseen elementtien tilauksessa ja vastaanotonotossa, koska niiden yhteydessä elementtejä käsitellään elementtitunnusten avulla. Mobiiliversiossa ei suoraan ole nähtävissä, mikä on kunkin elementin tunnus, ja tästä syystä esimerkiksi elementtien vastaanotossa on todella hankalaa valita mallista oikea elementti statustiedon päivittämistä varten. Ohjelmalla pystyy kyllä tarkastelemaan valittujen elementtien tunnuksia ja muita ominaisuuksia, mutta jos tietää vain jonkun elementin tunnuksen, on sen perusteella vaikea löytää kyseinen elementti mallista. Työpöytäversiossa elementtitunnuslistan saa näkyviin, joten siinä tätä ongelmaa ei ole. Mobiiliversiosta se kuitenkin puuttuu ja se koettiin ongelmaksi.

Ongelmana oli myös se, että vaikka ohjelmassa pystyi valittujen elementtien tunnukset näkemään infokentässä, ei niitä pystynyt kopioimaan siitä tai muutenkaan siirtämään

toiseen ohjelmaan. Elementtitunnukset täytyi siis silti kirjata manuaalisesti Exceeliin tai sähköpostiin, vaikka ne olivat jo sähköisessä muodossa pilvipalvelussa.

5.7 Kehitysehdotukset statustyökaluun

Statustyökalusta tulisi saada toiminnaltaan nopeampi ja varmempi. Ohjelman hitaus vaikutti käyttökokemukseen negatiivisesti. Siihen vaikutti myös se, että ohjelma kaatui ja pysähtyi välillä, kun yritti tehdä jonkin toiminnon. Ohjelman toiminnan tehostamisen lisäksi virheellisten statusarvojen palauttamisesta alkuperäiseen statuksettomaan tilaan tulisi tehdä mahdollista. Tällä hetkellä sellainen ominaisuus puuttuu ohjelmasta kokonaan.

Työmaat kokivat erityisen tarpeelliseksi elementtitunnuslistat ja niiden saamisen helposti ulos ohjelmasta. Aluksi helpottaisi jo se, että valittujen elementtien elementtitunnukset voisi ohjelmasta suoraan saada listaksi, josta ne olisi helppo kopioida vaikka Exceeliin tai sähköpostiin. Tällöin välttyttäisiin pohjakuvien tutkimiselta ja manuaaliselta tunnusten kirjaamiselta. Pohjakuvien tarkastelu on tyypillisesti ollut tarpeellista, koska niistä ilmenevät elementtitunnukset.

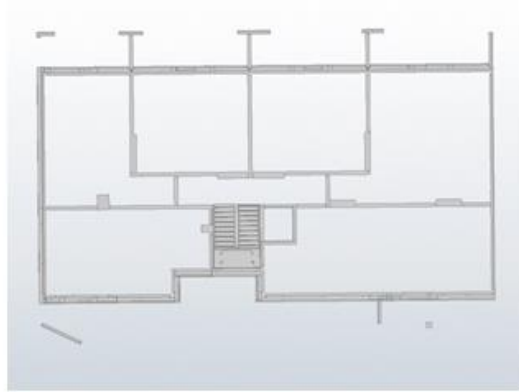
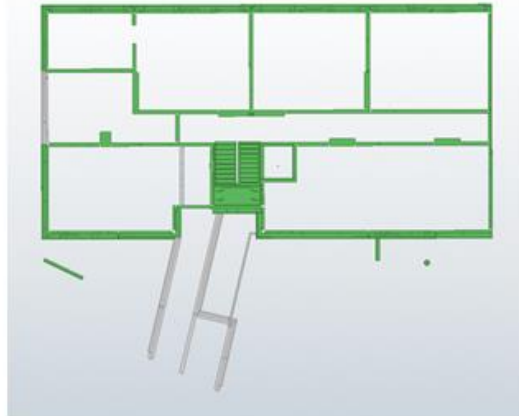
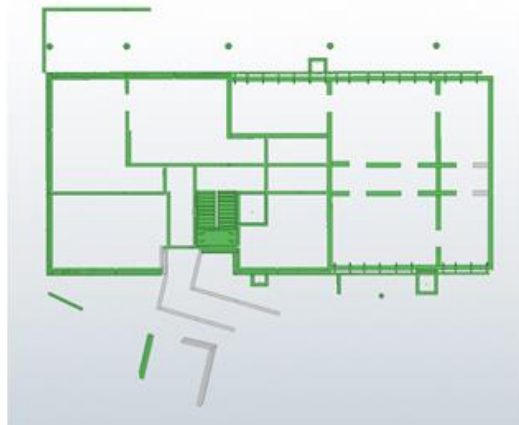
Työmaat kokivat myös todella käteväksi, jos elementtitunnuksia klikkaamalla voisi valita tietyn elementin ja sitä kautta muuttaa kyseisen elementtien statusta. Siten ohjelma palvelisi rakennusyritystä elementtien tilauksen ja vastaanoton statustietojen merkitsemisessä. Tämä ominaisuus löytyy jo Trimble Connectin työpöytäversiosta ja se on esitetty kuvassa 5.2. Mobiiliversiosta kyseinen toiminto silti puuttuu. Mobiiliversio tulisi työmailla kuitenkin olemaan enemmän käytössä kuin työpöytäversio, joten siksi myös siihen kaivattiin kyseistä ominaisuutta.

kiksi se, että ohjelmasta voisi klikata ne elementit, mitkä halutaan tiettyinä päivinä asentaa.

Aikataulutietoon pohjautuen olisi myös hyvä, jos ohjelma osaisi antaa automaattisia ilmoituksia. Yksi ilmoitus voitaisiin luoda esimerkiksi suunnittelun tilanteen ja työmaan valmiuden välille. Se voisi ilmaista että, jos aiottu asennuspäivä on liian lähellä suunnittelun valmistumista, ei työmaan kannata haaveilla elementtien toimituksesta haluamaan ajankohtana. Tällöin se siis varoittaisi työmaata siitä, että elementtitoimittajalle ei ole jäämässä riittävästi aikaa elementtien valmistukseen, ja tämän vuoksi toimitus tulee myöhästymään. Näin työmaa osaisi varautua siihen ja suunnitella oman toimintansa sen mukaisesti. Lisäksi ohjelma voisi ilmoittaa vaikka siitä, että työmaa ei ole muistanut tilata elementtejä ajoissa suunniteltuun asennuspäivään nähden.

Tilannekuvan luomiseen sekä suunnittelutoimisto että työmaa kaipasivat nykyisen visualisoinnin lisäksi tarkempaa raportointia rakennusosien tilanteesta. Tämä tilastointi voisi olla esimerkiksi vanhan Tekla Status Toolin kaltainen, jossa ympyräkaaviolla ilmoitetaan, kuinka monta prosenttia on statusten osalta missäkin tilassa kyseisessä hankkeessa. Vanhalla statustyökalulla tilanteen pystyi luomaan vain koko mallista, mutta vielä parempi olisi, jos tilannekuvan voisi luoda myös jostain rajatusta alueesta, kuten rakennuksen lohkoista. Prosentteina ilmoitettavan tiedon lisäksi olisi hyvä, jos ohjelma näyttäisi tilanteen myös kappalemäärinä. Suunnittelutoimistossa projektipäällikkö saisi prosentteina ja kappalemäärinä ilmoitetusta tiedosta selkeää dataa suunnittelun tilanteesta, eli siitä kuinka paljon on tullut valmiiksi. Tämä palvelisi esimerkiksi laskutusta. Lisäksi heillä voisi olla tarvetta piirustustunnuksiin perustuvaan listaukseen, josta siis kävisi ilmi, kuinka suuri osa piirustuksista on valmiina.

Tilannekuvan luomista helpottaisi myös uudenlainen visuaalinen esitys, josta yhdellä vilkaisulla pystyisi hahmottamaan kokonaisuuden vallitsevasta tilanteesta. Tällä hetkellä rakennuksen sisäosien tarkastelu vaatii hieman vaivaa käyttäjältä. Mikäli yhdellä vilkaisulla haluttaisiin hahmottaa tilanne, vaatisi se oikeastaan kerroksittaista näkymää kohteesta. Toisin sanoen sitä, että jokaisen kerroksen tilanne näkyisi erikseen. Yhdessä haastattelussa tulikin esille ajatus tasopiirustusten kaltaisesta visuaalisesta esityksestä. Tasopiirustukset ovat muutenkin työmaan henkilöstölle tuttuja, joten todennäköisesti he osaisivat tulkita tällaista uutta visuaalista esitystä helposti. Jokainen kerros siis visualisoitaisiin ylhäältäpäin tasopiirustuksen tavoin. Jotta tilannekuvan hahmottaminen olisi mahdollista yhdellä vilkaisulla, tulisi kaikki kerrokset olla samaan aikaan näkyvillä. Kuvassa 5.3 on esitetty esimerkki siitä, millainen tämä uusi visuaalinen esitys voisi olla. Kuvassa on visualisoitu vain kyseisen lohkon kolme alinta kerrosta, koska kyseessä on esimerkki. Silti siitä käy hyvin ilmi, millaisesta visualisoinnista on kyse. Jos esimerkiksi työmaatoimistolla näkyisi koko ajan seinällä tällainen ajantasainen visuaalinen esitys tilanteesta, voisi mestari mahdollisesti kiinnittää huomion johonkin statukseen, joka poikkeaa siitä, mitä sen tulisi olla.

2. krs**1. krs****Kellari****Koko lohko**

Kuva 5.3 Vasemmalla esimerkki uudentlaisesta visuaalisesta tilannekuvan esityksestä. Oikealla esitetty saman lohkon tilanne statustyökalun perinteisellä visualisoinnilla kahdesta eri suunnasta. Ongelmana perinteisessä visualisoinnissa on, että rakennuksen sisäosien tarkastelu vaatii hieman vaivaa käyttäjältä.

Suunnittelutoimistosta tuli kehitysehdotus myös IFC-mallien julkaisuun. He kokivat hyödylliseksi sen, jos mallin voisi julkaista suoraan Trimble Connectorin kautta pilvipalveluun. Trimble Connector on Tekla Structuresin lisäosa, jonka avulla TS pystyy olemaan yhteydessä Trimble Connectiin. Pilotoinnissa mallin joutui lataamaan pilvipalveluun Trimble Connectin työpöytäversion kautta, koska Trimble Connectorin kautta mallia julkaistaessa ei voinut määrittää IFC-export -asetuksia. Siitä muodostui ongelmia ja sen vuoksi mallia ei voinut julkaista suoraan Trimble Connectorin kautta. Jos kyseinen tapa mallin julkaisemiseen toimisi, ei Tekla Structuresista tarvitsisi ensin exportata

IFC:tä ja sen jälkeen Trimble Connectin työpöytäversiolla ladata sitä pilvipalvelimelle. Myös Trimble Connectin kansiorakennetta tulisi kehittää. Pilotoinnissa se koettiin liian epäselväksi ja sen myötä tietomalli tuli ladattua välillä väärään kansioon.

Haastateltavien mukaan tulevaisuudessa automatisointia voitaisiin käyttää enemmän apuna statuspäivitysten tekemisessä. Elementtien vastaanoton ja asennustyön statuspäivityksissä voisi hyödyntää esimerkiksi jotakin tunnistetietoa. Muutamia tunnistetietoja esiteltiin jo aiemmin tässä tutkimuksessa, esimerkiksi RFID-tunniste esiteltiin luvussa 2.1.2. Tunniste luettaisiin elementin vastaanoton ja asennustyön yhteydessä ja se riittäisi statustiedon merkitsemiseen. Kyseinen tapa automatisoisi sekä statustietojen kirjaamista, mutta myös aikataulun seuraamista, jos ohjelmaan kehitettäisiin aikataulunseuranta-järjestelmä.

Toinen haastattelussa ilmennyt tapa automatisoinnin hyödyntämiseen olisi, jos ohjelmalla pystyisi helposti valitsemaan suurempia kokonaisuuksia. Kerroksen asentamiseen menee tavallisesti vain muutama päivä ja siksi haastateltavan mukaan, olisi helppoa ja nopeaa, jos ohjelman avulla voisi suoraan valita esimerkiksi tietyn kerroksen elementit ja muuttaa niiden statuksen klikkaamalla erikseen jokaista elementtiä. Kyseinen tapa on kuitenkin hieman ristiriidassa statustenhallinnan reaaliaikaisuuden kanssa. Kysymys herää siitä, jos statustenhallinnassa riittää tieto tietyn kerroksen tarkkuudella, onko järjestelmälle silloin edes todellista tarvetta. Mikäli statustyökalun käytöstä on saatavilla hyötyä siitä huolimatta, että statustiedot eivät ole täysin reaaliaikaisia, olisi tällainen suurempien kokonaisuuksien valitsemiseen tarkoitettu ominaisuus hyödyllinen.

Suunnittelijat ehdottivat myös suunnittelun statustietojen päivittämiseen liittyvää automatisointia. Suunnittelijat tuottavat lopputuloksena piirustuksia ja periaatteessa heillä voisi olla piirustuslistassa toiminnallisuus, jonka avulla statustieto menisi automaattisesti pilvipalveluun. Toiminnallisuus voisi perustua siihen, että kun piirustus tulee valmiiksi ja suunnittelija lähettää piirustuksen projektipankkiin, menisi tässä vaiheessa suoraan tieto pilvipalveluun suunnittelun valmistumisesta.

5.8 Statustyökalun soveltuvuus ja yhteiset toimintatavat

Jokainen haastateltavista koki statustyökalun hyödylliseksi ja tarpeelliseksi käyttää tulevaisuudessa. Vaikka statustyökalua ei päästy pilotoinneissa vielä hyödyntämään osapuolten toiminnassa, näkivät haastateltavat silti sen potentiaalin.

Yhteisten toimintatapojen luomisesta haastateltavilla tuli esille yhteinen näkemys siitä, että varsinkin yhden projektin sisällä tulisi kaikilla elementtitoimittajilla olla samat statusmerkinnät ja värit sekaannusten välttämiseksi. Esimerkiksi, jos projektissa yksi elementtitoimittaja käyttää elementtien valmistuksessa viittä statusarvoa ja joku toinen toimittaja vain kahta, on silloin kokonaiskuvan luominen huomattavasti vaikeampaa. Sama koskee tietysti suunnittelijoita, mikäli suunnittelua on tilattu useammasta kuin

yhdestä suunnittelutoimistosta. Statustyökalun tulisikin olla tarpeeksi yksinkertainen käyttää, ja tarvittavat tiedot tulisi saada nopeasti ohjelmasta. Muuten riskinä on, että varsinkin mestareilla loppuu mielenkiinto ohjelmaa kohtaan, jos se on liian monimutkainen käyttää tai heidän tarvitsee tuhlata aikaa asioiden selvittämiseen.

Myös päivitysväleihin kaivattiin standardointia. Päivitysvälit tulisi sopia siten, että statustietoja katsoessaan voi tietää sen, mitä tilannetta senhetkinen näkymä statustyökalussa edustaa. Projektin osapuolten tulisi siis yhteisesti sopia päivitetäänkö tiedot esimerkiksi joka päivä, kahden päivän välein vai kerran viikossa. Tällä on merkitystä varsinkin aikataulullisesti tiukoissa hankkeissa. Esimerkiksi suunnittelijoiden statukset eivät aja asiaansa kiireellisissä tilanteissa, jos statustiedot merkitään vain kerran viikossa. Tällöin työmaa ei pysty hyötymään mahdollisista kriittisistä tiedoista, joita ei vielä ole kirjattu järjestelmään, vaikka elementti olisikin jo suunniteltu.

Haastateltavat olivat varsin yksimielisiä siitä, minkä tyyppisiin ja kokoisiin hankkeisiin statustyökalu soveltuu. Periaatteessa eniten hyötyä siitä on silloin, jos hanke on iso ja siinä on paljon osapuolia mukana. Käytännössä tämä tarkoittaa kerrostaloja ja sitä suurempia hankkeita. Pienissä ja yksinkertaisissa kerrostaloissa statustyökalusta saatavat hyödyt voivat jäädä kuitenkin vähäisiksi. Lisäksi statustyökalu soveltuu hyvin hankkeisiin, joissa on kova aikataulupaine, koska tällöin on tärkeää, että kaikki osapuolet tietävät tarkalleen toistensa tilanteen.

Myös statustyökalun soveltuvuudesta eri tuoteryhmiin haastateltavat olivat varsin samaa mieltä. Elementtien lisäksi koettiin, että statustyökalu sopii paikallavaluihin ja teräsrakenteisiin. Se, kuinka paljon niistä voi saada hyötyä, on kuitenkin projektiriippuvaista. Jossain kohteessa statustietojen merkitseminen niistä voi olla järkevää, toisessa puolestaan ei. Lean -periaatteiden mukaisesti statustietoja ei ole järkeä merkitä jostain rakennusosasta, jos siitä ei ole saatavissa hyötyä. Siksi projektikohtaisesti tulisikin alussa määritellä ne tuoteryhmät, joista statustietoja ruvetaan merkitsemään.

Paikallavaluihin liittyen mallintamisessa tulee huomioida se, että paikallavalujen saumat laaditaan tietomalliin samalla tavalla kuin ne ovat työmaalla. Muuten työmaa ei pysty merkitsemään statuspäivityksiään oikeaan kohtaan. Myös idea statustyökalun soveltamisesta täsmätoimituksiin tuli kahdessa haastattelussa esille. Sen toteutus ja siitä mahdollisesti saatavat hyödyt jäivät kuitenkin tutkimuksessa avoimiksi.

6. IDEAALINEN TOIMITUSKETJUN TILANNEKUVA

Tässä luvussa esitellään kerättyyn tutkimusaineistoon perustuen toimitusketjun tärkeimmät osa-alueet statustietojen vaihtamisessa. Aineiston perusteella tehdään johtopäätöksiä siitä, mikä on ideaalinen tapa muodostaa toimitusketjun tilannekuva. Lisäksi lopuksi tarkastellaan kokonaisuutena statustietoihin liittyviä prosesseja Lean -filosofian näkökulmasta. Tarkoituksena on tuoda esille ajatuksia statustietoihin liittyvistä prosesseista alaluvussa 2.4.2 esitetyistä Leanin viidestä perusperiaatteesta.

6.1 Tärkeimmät statustiedot eri osapuolille

Suunnittelutoimisto:

Suunnittelijoille tärkein statustieto on muutosten tekemisen mahdollisuus. Siihen vaikuttaa elementtien valmistuksen tilanne. Jos muutosta tarvitsevaa elementtiä ei vielä ole valmistettu, voi muutos olla mahdollinen. Tällöin muutoksen mahdollisuuteen vaikuttaa vielä se, kuinka lähellä ollaan elementin valuajankohtaa. Jos valuajankohta on liian lähellä, eivät muutokset ole enää mahdollisia tai niistä aiheutuu tuotantohäiriöitä ja lisäkustannuksia. Elementin tyyppi vaikuttaa osaltaan siihen, kuinka myöhään muutokset ovat mahdollisia. Siksi elementtitoimittajan statusjärjestelmään tulisi koodata elementtityypeittäin tieto muutosten tekemisen mahdollisuudesta. Tällöin suunnittelijat ja työmaa näkisivät sen suoraan ja se auttaisi molempia osapuolia toiminnassaan.

Suunnittelutoimistossa suunnittelijoiden merkitsemiä statustietoja voidaan hyödyntää myös omassa toiminnassa. Projektipäällikkö on kiinnostunut seuraamaan suunnittelun tilannetta, eli hyödyntämään statustietoja sisäiseen projektinhallintaan. Lisäksi status työkalun käytöstä on hyötyä hankkeissa, joissa on useita suunnittelijoita. Tällöin status työkalun avulla on mahdollisuus tarkistaa suunnittelua koskevissa rajapinnoissa, missä toisen henkilön suunnittelu etenee.

Elementtitoimittaja:

Elementtitoimittajalla statustietojen seuraamisesta ovat kiinnostuneita tuotannonsuunnittelija ja työnjohto. Elementtitoimittajalle suunnittelun status on kaikista tärkein ja kiinnostavin tieto. Suunnittelun tilanteessa suunnitelmien valmistuminen on etusijalla. Suunnitelmien valmistumisen tilanne kiinnostaa, koska sen avulla nähdään, missä suunnittelu etenee suhteessa elementtien valmistuksen aloitukseen ja toimitukseen. Myös suunnitelmien ennakoitu valmistuspäivämäärä ja karkeasuunnittelua koskeva tieto

kiinnostavat elementtitoimittajaa. Karkeasuunnittelua koskevan tiedon avulla elementtitoimittaja voisi tehdä valuohjelmointia tavallista aikaisemmin. Siten olisi mahdollista tiivistää prosessia ja ennakoida tuotantoa paremmin.

Suunnittelun tilanteen lisäksi myös työmaan tilanne kiinnostaa elementtitoimittajaa. Työmaan tilanteessa tärkeitä tietoja ovat tilatut elementit, suunnitellut asennuspäivämäärät ja asennusjärjestys sekä viallisia elementtejä koskevat reklamoinnit. Suunnitellut asennuspäivämäärät ovat elementtitoimittajalle kiinnostavia mahdollisimman oikeina ja realistisina. Työmaan tilannetta seuraamalla elementtitoimittaja voi suunnitella oman tuotantonsa mahdollisimman optimaaliseksi. Tällöin elementit saadaan valmistettua siten, että niiden toimitus työmaalle ei viivästy.

Työmaa:

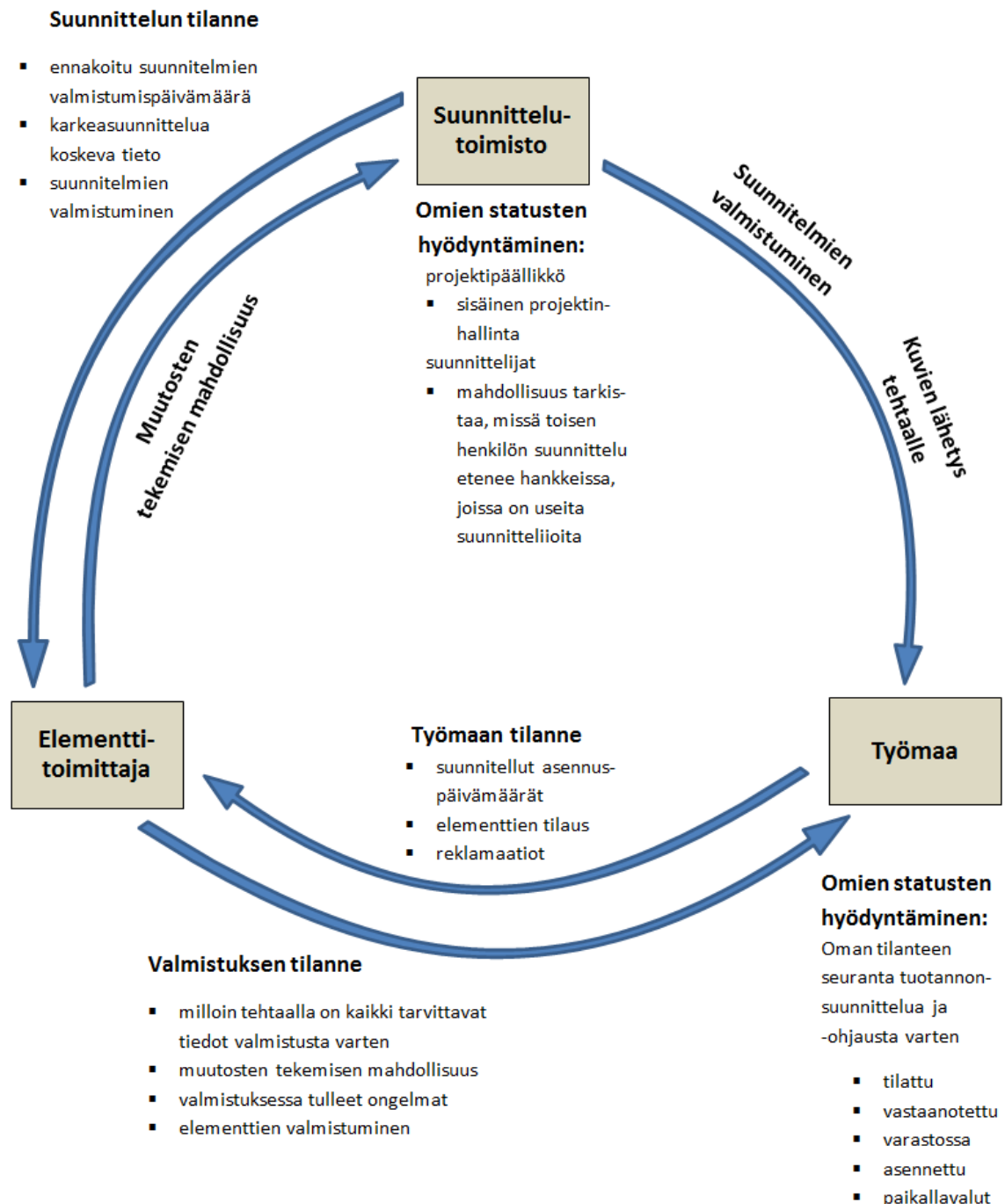
Työmaata kiinnostaa erityisesti elementtien valmistuksen tilanne. Valmistuksen tilanteessa on useampia kiinnostavia tietoja. Niitä ovat tieto siitä, milloin tehtaalla on kaikki tarvittavat tiedot valmistusta varten, muutosten tekemisen mahdollisuus, valmistuksessa tulleet ongelmat ja se, kun elementti on valmis. Lisäksi työmaille tärkeä tieto on, milloin kuvat saapuvat tehtaalle suunnittelulutoimistosta. Se olisi järkevintä toteuttaa siten, että suunnittelijat merkitsevät statuspäivityksen kuvien lähettämisestä tehtaalle.

Elementtitoimittajan statustoimintoa toimitettu ja valmistuksessa käytettyä statusarvoa Valmis, pidettiin mahdollisesti tarpeettomina tietoina. Valmistuksessa statusarvo Valmis kuvasi sitä, että elementti on valettu. Täyttä varmuutta tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan saatu kyseisten statusten tarpeettomuudesta, joten niitä ei tule täysin sulkea pois tarpeellisista statustiedoista. Muutenkin statustietojen tarpeet saattavat vaihdella työmaakohtaisesti, joten tässä tutkimuksessa kerätyt tiedot eivät ole täysin aukottomia. Mikäli kyseiset tiedot kuitenkin ovat tarpeettomia, ei niistä ole järkeä kirjata statustietoja järjestelmään. Siten saadaan ohjelman käyttäminen pidettyä mahdollisimman yksinkertaisena. Jos elementin valua koskeva tieto on tarpeeton, olisi järkevämpää käyttää elementin valmistuksessa käytettävää statusarvoa Valmis kuvaamaan sitä, että elementti on täysin valmis ja siten siis valmiina toimitettavaksi. Tällöin poistuisi myös tarve erilliseen elementtien varastointia koskevaan statustoimintoon.

Elementtien valmistuksen tilanteen lisäksi työmaalla on tärkeä tietää, missä suunnittelu etenee. Työmaalla pystytään ennakoimaan toimintaa paremmin, jos suunnittelun tilanne on tiedossa. Erityinen tarve suunnittelun statustietojen seuraamiselle on silloin, kun kohteen aikataulu on todella tiukka. Tällöin statustietojen avulla saadaan varmistus suunnittelun etenemisestä ajallaan tai huomataan viive ja pystytään siihen reagoimaan ajoissa.

Työmaat hyötyvät myös omien statustietojen merkitsemisestä ja seuraamisesta. Tärkeitä tietoja ovat elementtien tilaus, varastointi ja asennus. Lisäksi elementtien vastaanotto saattaa joissakin hankkeissa olla tarpeellinen tieto samoin kuin paikallavalurakenteiden

valmistumisen kirjaaminen. Omien statustietojen avulla työmaa pysyy perillä toiminastaan ja pystyy luotettavammin tekemään tuotannonsuunnittelua ja -ohjausta. Kuvaan 6.1 on vielä koottu eri osapuolten tarvitsemat statustiedot ja havainnollistettu kyseisten tietojen liikkuminen osapuolten välillä, vaikka todellisuudessa statustiedot päivitetäänkin pilvipalveluun, josta ne ovat osapuolten nähtävissä.



Kuva 6.1 Statustietojen tarve toimitusketjussa

Tärkeää statustietojen tarpeellisuuden määrittelemisessä on kuitenkin huomioida projektien yksilölliset tarpeet. Osapuolikohtaiset statustoiminnot sekä niissä käytettävät statuservat olisivatkin järkevintä määritellä projektikohtaisesti. Siten statustyökalun käyttö

palvelisi toimitusketjun osapuolia parhaimmalla mahdollisella tavalla. Toisaalta hankkeissa tulisi pyrkiä vakioimaan tuoteryhmäkohtaisesti niissä käytettävät statustoiminnot ja -arvot, jotta yhteisiä toimintatapoja statustyyökalun käyttöön voitaisiin luoda. Siihen on mahdollisuus, kun kokemuksia statustyyökalun käytöstä saadaan lisää. Tuoteryhmäkohtaisella vakioinnilla tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi seinäelementeissä ja paikallavalurakenteissa käytettävien statusten jaottelu tapahtuu eri tavalla. Lisäksi esimerkiksi elementtitoimittajilla tulisi olla samat statustoiminnot ja -arvot kuvaamassa elementtien valmistumista, koska muuten voi tulla sekaannuksia. Jos samassa hankkeessa on useampia elementtitoimittajia, ja heillä statustoimintojen tai -arvojen jaottelu ei ole tehty samalla tavalla, on muiden osapuolten vaikea muodostaa kokonaiskäsitys elementtien valmistuksen tilanteesta.

6.2 Ajantasaisen tilannekuvan muodostaminen Trimble Connectin avulla

Suunnittelu: Suunnittelijat käyttävät statustietojen merkitsemiseen statustyyökalua osana Tekla Structuresia, joka heillä on jo muutenkin käytössään. Se on järkevää, koska siten heidän ei tarvitse käyttää siihen erillistä ohjelmaa. Kun statustyyökalu on osana heidän normaalia suunnitteluohjelmistoa, voi sen käyttö olla osa luonnollista suunnitteluprosessia eikä erillinen toimenpide, joka täytyy tehdä irrallaan muusta toiminnasta.

Suunnittelun statustietojen merkitsemisen helpottamiseksi ohjelmaan tulisi kehittää automatisointia. Automatisointia voitaisiin hyödyntää uudessa toiminnallisuudessa, joka merkitsisi automaattisesti statuspäivityksen pilvipalveluun suunnittelun valmistumisesta silloin, kun suunnittelija lähettää valmiin piirustuksen projektipankkiin. Samalla periaatteella voitaisiin saada suunnittelijoilta tieto myös suunnitelmien lähetyksestä tehtaalte. IFC-mallien julkaisemisen puolestaan tulisi onnistua suoraan Trimble Connectorin kautta pilvipalveluun.

Valmistus: Elementtitehtaissa ei ole resursseja lähteä merkitsemään statuspäivityksiä manuaalisesti useista projekteista. Toiminnanohjausjärjestelmään koodattu automatisoitu toiminto onkin siksi käytännössä ainoa järkevä toteutus statuspäivitysten tekemiseen elementtitehtaissa.

Pilotoinnissa testattu elementtitoimittajan automatisoitu statuspäivitystoiminto vaikutti varsin lupaavalta toiminnallisuudelta, ja siksi myös muiden elementtitoimittajien tulisi pyrkiä vastaavaan toteutukseen. Järjestelmän tulisi siis olla täysin automatisoitu. Sen pitäisi automaattisesti pystyä aloittamaan statustietojen lähettäminen uudesta hankkeesta, tekemään statuspäivitykset sekä ilmoittamaan statuspäivitysten tekemisessä ilmenneistä ongelmista.

Parannuksena pilotoinnissa käytössä olleeseen järjestelmään kyseisen toiminnallisuuden tulisi vielä pystyä automaattisesti lukemaan työmaalta tulevia tietoja koskien esimerkik-

si elementtien tilausta, suunniteltuja asennuspäivämääriä ja reklamaatioita. Siten manuaalista työtä jäisi entistä vähemmän ja toimintaa saataisiin kehitettyä tehokkaampaan ja systematisoidumpaan suuntaan.

Tilaus: Elementtien tilauksen statuspäivityksiä varten mobiiliversioon tulisi kehittää työpöytäversion kaltainen lista kohteen elementtitunnuksista. Listasta voisi siten elementtitunnuksia klikkaamalla valita tietyt elementit ja sen jälkeen vaihtaa niiden status-
ta.

Itse elementtien tilauksen helpottamista varten statustyökalusta tulisi pystyä kopioimaan valittujen elementtien elementtitunnukset toiseen ohjelmaan. Perinteisessä tavassa tunnukset on ensin manuaalisesti kirjattu Exceliin ja sen jälkeen lähetetty sähköpostilla valmistajalle. Jos ohjelmasta saisi kopioitua valittujen elementtien tunnukset, poistuisi tarve tunnusten manuaaliseen kirjoittamiseen. Tilaamisesta tulisi siten nopeampaa ja helpompaa.

Pidemmällä aikavälillä järjestelmää tulisi kehittää niin, että ohjelman avulla pystyisi tilaamaan elementit. Tämän myötä tilaamisen yhteydessä poistuisi kokonaan tarve tarkastella elementtitunnuksia ja tilaamisesta tulisi vielä suoraviivaisempaa, koska siihen ei erikseen tarvitsisi muita ohjelmia.

Vastaanotto: Pilotoinnissa käytössä ollut mobiiliversio ei vielä palvellut statuspäivitysten tekemistä elementtien vastaanotossa, joten sillä vastaanoton statuksia on turha lähteä merkitsemään. Mikäli mobiiliversioon kuitenkin kehitetään elementtitunnuslista, jonka avulla mallista voidaan valita tietyt elementit klikkaamalla niiden elementtitunnuksia, on työmaan mahdollista tehdä statuspäivityksiä elementtien vastaanoton yhteydessä melko tehokkaasti.

Vastaanoton yhteydessä statuspäivityksiä tulee kuitenkin tehdä vain niissä projekteissa, joissa se koetaan tarpeelliseksi. Lean -periaatteiden mukaisesti on hukkaa tehdä jotain asiaa, jos se ei tuota arvoa kenellekään. Projektikohtaisesti tulisikin määritellä, onko statuspäivitysten tekeminen elementtien vastaanoton yhteydessä hyödyllistä. Joissain kohteissa se voi olla, toisissa taas ei. Tarpeellisuuteen voi vaikuttaa esimerkiksi projektin koko, työmaan käytännöt ja työmaalle varastoitavien elementtien määrä. Mikäli elementit asennetaan suoraan kuormasta paikalleen, ei ole järkeä tehdä erikseen statuspäivitystä vastaanotosta, sillä vastaanoton ja asennuksen statukset vastaavat tällöin melkein toisiaan.

Tulevaisuudessa myös elementtien vastaanoton statuspäivitysten tekemisessä voisi hyödyntää automatisointia. Tunnistetietoja hyödyntämällä statuspäivitys voitaisiin toteuttaa vastaanotossa lukemalla elementin kyljessä oleva tunniste. Toinen tapa olisi toteuttaa statuspäivitys kuormakirjaan tehtyä koodia hyödyntämällä. Esimerkki tällaisesta koodista on Quick Response (QR) -koodi. Lukijana toimisi älypuhelin, joka nykyään kulkee kaikilla muutenkin aina mukana. Puhelimella luettaisiin QR-koodista tiedot vastaanote-

tuista elementeistä ja sen jälkeen tieto lähetettäisiin napin painalluksella automaattisesti pilvipalveluun.

Elementtien vastaanoton statustietojen merkitseminen herättää kuitenkin hieman epäilyksiä sen tarpeellisuudesta. Jos elementtitoimittajan ERP:stä tulee suoraan tieto toimitetuista elementeistä, onko edes järkeä erikseen merkitä työmaalla vastaanotettuja elementtejä. Jos elementtitoimittajan tiedot pitävät siis paikkansa, on ”toimitettu” käytännössä melkein sama asia kuin ”vastaanotettu”. Vastaanotossa tärkeämpää olisikin merkitä vain viallisia elementtejä koskevat statustiedot.

Viallisia elementtejä koskevien asioiden hoitamisen tulisi tapahtua nykyistä tehokkaammin. Potentiaalinen tapa siihen olisi käyttää Trimble Connectia ja kehittää järjestelmää siten, että ohjelman kautta lähetetty viesti viallisesta elementistä menisi suoraan osapuolten reklamaatiojärjestelmään. Toiminta muuttuisi siten suoraviivaisemmaksi, koska tällöin työmaan ei tarvitsisi täyttää ja lähettää erillisiä reklamaatiolomakkeita.

Varastointi: Niillä työmailla, joilla elementtejä varastoidaan, olisi hyvä tietää, mitä elementtejä on milloinkin varastoituna. Tavallisesti kyseiset tiedot on merkitty paperille sen jälkeen, kun on ensin käyty tarkistamassa fakissa olevat elementit. Statustyökalun käytön myötä olisi kuitenkin mahdollista toteuttaa ohjelmaan ominaisuus, joka näyttäisi työmaalle varastoidut elementit automaattisesti. Tällöin ohjelmasta tulisi nähdä vain ne elementit, mitkä ovat kyseisenä hetkenä varastoituna työmaalla. Työmaata ei palvele se, jos ohjelma näyttää kaikki ne elementit, jotka ovat jossain vaiheessa olleet varastoituna työmaalle.

Tällainen uusi ominaisuus olisi täysin toteutettavissa ja se perustuisi siihen, että työmaalla varastoituna ovat kerrallaan sellaiset elementit, jotka ovat jo toimitettu, mutta eivät kuitenkaan ole vielä asennettu. Toimitettujen ja asennettujen elementtien statustietoja vertaamalla ohjelma voisi automaattisesti luoda visualisoinnin työmaalle varastoiduista elementeistä. Käytännössä se tarkoittaisi sitä, että samalla kun työmaalla tehtäisiin elementin asennuksen statuspäivitys, poistuisi kyseinen elementti automaattisesti varastoiduista elementeistä. Mikäli osapuolet tekevät statuspäivitykset elementtien toimituksesta ja asennuksesta reaaliajassa, pysyvät myös varastoitujen elementtien tiedot oikeina ohjelmassa. Periaatteessa tällaisen uuden toiminnallisuuden periaate voidaan esittää kaavaan muodossa: varastoituna = toimitettu – asennettu. Sama on havainnollistettu vielä piirroksena kuvassa 6.2.



Kuva 6.2 Havainnointi elementtien varastoinnin statuksen muodostamisesta

Toiminnallisuuden luomisessa tulisi huomioida kuitenkin myös vialliset elementit. Mikäli jokin toimitettu elementti olisi asennuskelvoton, ei varastointia kuvaava arvo pitäisi paikkaansa kyseiselle elementille. Sen vuoksi elementtien vastaanotossa tulisi käyttää Keskeytetty-statusarvoa viestittämään asennuskelvottomasta elementistä. Siten ohjelma osaisi poistaa varastoitujen elementtien listasta asennuskelvottomat elementit.

Asennus: Elementtien asennuksen yhteydessä statuspäivitykset on järkevintä toteuttaa leikkaustyökalua, kategorioita tai näkymiä hyödyntämällä. Jokaiselle tietomalleja käyttäneelle henkilölle on muodostunut omat tavat pyörittää tietomallia, joten yksi tapa ei välttämättä sovi niin hyvin toiselle. Jokaisessa tavassa on myös omat heikkoudet ja vahvuudet.

Elementtien asennuksen statuspäivitysten tekemiseen mobiiliversio on parempi kuin työpöytäversio, koska mobiiliversiolla statuspäivitykset voi tehdä suoraan työmaalla. Siten tietoja ei ensin tarvitse kirjata paperille ja sen jälkeen mennä työmaatoimistolle merkitsemään niitä järjestelmään.

Tulevaisuudessa myös asennuksen yhteydessä voitaisiin hyödyntää elementteihin kiinnitettyjä tunnistetietoja statuspäivitysten tekemiseen. Se voitaisiin toteuttaa niin, että elementtiasentaja lukisi tunnisteen sen jälkeen, kun elementti on asennettu. Tunnisteen lukemisen seurauksena tieto elementin asennuksen valmistumisesta menisi automaattisesti pilvipalveluun.

Toinen vaihtoehto statuspäivitysten tekemisen tehostamiseen asennuksessa olisi se, jos tietomallista pystyisi helposti valitsemaan isompia kokonaisuuksia. Statuspäivityksen tekeminen olisi erittäin nopeaa, jos mallista pystyisi valitsemaan yksinkertaisesti esimerkiksi tietyn lohkon ja kerroksen tietyt rakennusosat, kuten väliseinäelementit. Tällöin mallista ei tarvitsisi klikata erikseen kaikkia kyseisiä elementtejä.

Aikataulun tekeminen ja seuranta: Työmaa hyötyisi siitä, jos ohjelmasta voisi suoraan valita tiettyinä päivinä asennettavaksi suunnitellut elementit. Siten aikataulutieto olisi valmiiksi ohjelmassa ja myös elementtitoimittaja voisi saada kyseiset tiedot sitä kautta.

Aikataulun seurantaan varten ohjelman pitäisi ensinnäkin pystyä kommunikoimaan aikataulutietojen kanssa. Statusarvojen muutoksilla on aina jokin päivämäärä, joten ohjelman tulisi pystyä ilmaisemaan statusarvojen muutosten ajankohta verrattuna tavoiteaikaan. Siten saataisiin automaattisesti tietoa, onko työmaa aikataulussa vai ei. Tämä palvelisi työmaata, koska siten ohjelman avulla voitaisiin sekä katsoa statustiedot että nähdä kohteen valmistuminen tavoiteaikaan verrattuna.

Suunnittelun tilanteen ja työmaan toivomien asennuspäivien välillä pitäisi lisäksi olla jokin automaattinen tarkastelu, joka varoittaisi työmaata elementtitoimituksen myöhästymisen riskistä. Ohjelman tulisi siis varoittaa, mikäli elementtitoimitajalle ei ole jäämässä tarpeeksi aikaa elementtien valmistukseen. Tämä voitaisiin toteuttaa siten, että ohjelma vertaisi suunnittelun tilannetta ja järjestelmään syötettyjä aiottuja asennuspäivämääriä, ja vertaisi keskenään niiden väliin jäävää aikaa. Mikäli suunnittelu ei olisi valmis tiettyä aikaa ennen asennusta, ilmoittaisi ohjelma siitä, jotta työmaa osaisi varautua siihen toiminnassaan.

Visualisointi: Statustyökaluun tulisi kehittää vanhan Status Toolin kaltainen ympyräkaavio, josta kävisi ilmi, kuinka monta prosenttia rakennusosista on statusten osalta missäkin tilassa kyseisessä hankkeessa. Prosenttien lisäksi kaaviossa tulisi olla tieto kappalemäärinä. Tilanne pitäisi pystyä luomaan koko mallista sekä rajatusta alueesta, kuten lohkoista. Tällainen visuaalinen esitys auttaisi tilannekuvan luomisessa ja helpottaisi esimerkiksi elementtien suunnittelua koskevaa laskutusta.

Tilannekuvan muodostamista helpottaisi myös visuaalinen esitys, josta yhdellä vilkaisulla pystyisi hahmottamaan koko kohteen tilanteen. Käytännössä se tarkoittaisi sitä, että visuaalisessa esityksessä tulisi samaan aikaan pystyä näkemään sisälle jokaiseen kerrokseen siten, että kaikkien rakennusosien statustiedot ovat nähtävissä. Ratkaisu tähän olisi tasopiirustusten mukainen näkymä, jossa jokainen kerros on erikseen kuvattu ylhäältäpäin ja kaikki kerrokset ovat samaan aikaan näkyvillä. Kuvassa 5.2 esiteltiin esimerkki tällaisesta visuaalisesta esityksestä.

6.3 Lean tarkastelu

Asiakkaan kokeman arvon tarkka määrittäminen

Rakennuksen tilaajalle ja loppukäyttäjille tärkeintä on, että valmis rakennus palvelee heidän tarpeita ja, että se valmistuu sovitussa aikataulussa. Aikataulussa pysyminen on erittäin tärkeää myös kustannusten kurissa pitämiseksi. Reaaliaikaisten statustietojen avulla toimitusketjun hallinta paranee ja siten myös aikataulussa on mahdollista pysyä helpommin. Siksi statustietojen päivittäminen ja seuraaminen rakentamisvaiheessa palvelevat asiakkaan tarpeita.

Statustiedoista puhuttaessa asiakkaina voidaan tilaajan ja loppukäyttäjien lisäksi pitää myös statustyökalua käyttäviä osapuolia, koska osapuolet toimivat asiakkaina toistensa statustiedoille. Tällöin asiakkaan kokemina arvoina toimivat käytännössä samat asiat kuin statustyökalun mahdollistamat hyödyt. Statustyökalun mahdollistamien hyötyjen avulla projekti pystytään varmemmin saattamaan päätökseen sovitussa aikataulussa ja budjetissa.

Arvovirran tunnistaminen

Aluksi ohjelman käyttöönottoon ja sen opetteluun kuluu jonkin verran aikaa. Se on kuitenkin välttämätöntä ohjelman sujuvan käyttämisen kannalta. Siksi se on arvoa tuottamatonta toimintaa, mutta pakollista. Elementtitoimittajalla puolestaan toiminnanohjausjärjestelmään koodattavan automaattisen statuspäivitystoiminnon tekeminen itsessään on arvoa tuottamatonta, mutta sitä voidaan pitää pakollisena, koska elementtitoimittajalla ei olisi resursseja päivittää statustietoja manuaalisesti.

Statustietojen päivittämistä voidaan muutenkin pitää arvoa tuottamattomana, mutta pakollisena toimintana, koska tiedon päivitys järjestelmään vielä itsessään ei tuota arvoa. Vasta statustietojen seuraaminen tuottaa arvoa. Statustietojen seuraamisen avulla osapuolet pystyvät muodostamaan paremmin kuvan toimitusketjun tilanteesta. Kun tuotannon suunnittelussa ja -ohjauksessa huomioidaan toimitusketjun reaaliaikainen tilanne, saadaan toimitusketjusta varmempi, koska riskejä voidaan ennakoida paremmin. Lisäksi muutostilanteiden hallinta helpottuu ja toimitusketjusta saadaan läpinäkyvämpi.

Arvovirrassa pakollista, mutta arvoa tuottamatonta, on myös tietomallien lataaminen pilvipalveluun. Suunnittelijoiden täytyy kuitenkin tehdä se, jotta statustietojen jakaminen on ylipäättään mahdollista. Arvoa tuottamatonta toimintaa arvovirrassa ovat ohjelman hitauden ja kaatumisten vuoksi käytetty odottamisaika. Ne ovat kokonaan hukkaa ja niistä tulisi pyrkiä pääsemään eroon.

Virtauksen luominen ilman häiriöitä

Virtauksen luomisesta ilman häiriöitä voisi tässä tapauksessa kutsua virtauttamiseksi. Virtauttamisessa oleellista on saada statustyökalun käyttö osaksi vakiintuneita normeja toimitusketjun prosesseja. Siihen vaikuttaa osaltaan se, mihin kaikkeen statustyökalua käytetään. Jos statustyökalua käytetään pelkästään statustietojen merkitsemiseen ja seuraamiseen, voi se jäädä hieman irralleen muusta toiminnasta. Jos sen sijaan statustyökalun avulla pystyy suorittamaan muitakin tärkeitä toimenpiteitä, kuten aikataulun valvontaa tai elementtien tilauksen, muodostuu statustyökalusta ehdottoman tärkeä apuväline tuotannonohjaukseen.

Virtauttamisessa oleellista on myös saada statustyökalun käytöstä niin tehokasta kuin mahdollista. Sen vuoksi automatisointia tulisi yrittää kehittää statuspäivitysten tekemiseen. Pilotoinneissa elementtitoimittajan toiminnanohjausjärjestelmään koodattu auto-

matisoitu statustietojen päivitystoiminto on loistava esimerkki automatisoinnin hyödyntämisestä. Erilaisten automatisointiratkaisujen avulla statuspäivitysten tekemisestä on mahdollista saada hyvin virtautettu, nopea ja tehokas prosessi.

Tärkeää virtauttamisessa on myös poistaa häiriöt toimitusketjun hallintaan liittyvistä prosesseista. Siihen juuri statustyökalun käyttö luo uuden potentiaalisen ratkaisun. Haastattelujen mukaan statustyökalun käytöstä on mahdollista saada paljon hyötyä toimitusketjun hallintaan. Siten se osaltaan poistaa aiemmin esiintyneitä häiriöitä, kuten tiedon puutetta ja viivästyksiä aikataulussa. Kun kokemuksia saadaan enemmän statustyökalun käytöstä, voidaan myös sen käyttöön liittyviä mahdollisia häiriötekijöitä lähteä poistamaan.

Imuohjauksen käyttäminen

Tarve toimitusketjun hallinnan tehostamiseen aiheuttaa imun statustietojen kirjaamiselle järjestelmään. Kuitenkin toimitusketjun reaaliaikaisten statustietojen merkitsemisessä ja seuraamisessa imuohjausta pystyy hyödyntämään varsin vähän. Parhaiten sitä pystyy hyödyntämään työmaan ja elementtitoimittajan välillä, esimerkiksi työmaan tilatessa elementtejä. Työmaa luo imun elementtien toimitukselle siitä huolimatta, tehdäänkö tilaus perinteisellä tavalla, vai ohjelmaan kehitettävän elementtien tilaustoiminnon avulla. Silti tehokkaampaa olisi, jos työmaa pystyisi tilaamaan elementit suoraan ohjelman avulla, eikä erikseen tarvitsisi käyttää muita ohjelmia tilauksen suorittamiseen.

Varsinaisen imuohjauksen sijaan statustietojen merkitsemiseen ja seuraamiseen liittyvissä prosesseissa olisi ehkä järkevämpää pyrkiä luomaan vakiintuneita käytäntöjä statustyökalun käytölle, jotta osapuolet osaisivat automaattisesti reagoida toisten osapuolten statustietoihin oikealla tavalla. Oikealla tavalla tarkoitetaan sitä, että toimitusketjun osapuolet pystyisivät muuttamaan omia suunnitelmiansa vastaamaan paremmin statustiedoista saatua informaatiota toimitusketjun tilanteesta. Tähän liittyy esimerkiksi statustyökalun kehitysehdotus automaattisista ilmoituksista. Mikäli ohjelma osaisi automaattisesti ilmoittaa kriittisistä tilanteista, kuten elementtien tilauksen unohtumisesta riittävän ajoissa toimitusajankohtaan nähden tai siitä, että elementtien valmistukseen ei ole jäämässä riittävästi aikaa, pystyisi työmaa heti tällaisen ilmoituksen saatuaan reagoimaan siihen tarvittavalla tavalla.

Pyrkiminen täydellisyyteen

Täydellisyyteen pyrkimistä voidaan suorittaa ohjelman käytössä, sen kehityksessä ja toimitusketjun prosesseissa. Ohjelman käytössä vie oman aikansa ennen kuin sitä oppii käyttämään parhaimmalla mahdollisella tavalla. Ohjelman käyttäminen on kuitenkin sen verran yksinkertaista, että jo normaalilla käytöllä siitä tulee varsin sujuvaa. Silti käyttäjien ei tulisi ajatella sen olevan riittävää. Ohjelmasta voi esimerkiksi löytyä sellaisia ominaisuuksia, joista ei aiemmin ole ollut edes tietoinen. Vain opettelemalla ja kokeilemalla erilaisia toimintoja voi oppia parhaimman mahdollisen tavan käyttää ohjelmaa.

Ohjelman kehitystyössä tulee myös pyrkiä täydellisyyteen. Ohjelmaa tulee lähteä kehittämään käyttäjien toivomaan suuntaan, koska sillä tavoin ohjelma palvelee paremmin heitä ja luo lisäarvoa heille. Ohjelmistoista löytyy tavallisesti aina jotain kehitettävää. Oli se sitten nopeus, käyttövarmuus tai uudet ominaisuudet. Kehitystyötä ei tule lopettaa käytännössä koskaan.

Toimitusketjun prosessien parantaminen on kanssa tärkeä osa täydellisyyteen pyrkimistä. Statustyökalun käytössä tulee pyrkiä jatkuvaan oppimiseen. Siten toimintaa saadaan koko ajan vietyä tehokkaampaan suuntaan. Tärkeää on lähteä kehittämään sekä yritysten omaa toimintaa että osapuolten välistä yhteistoimintaa pitkäjänteisesti tuttujen osapuolten kesken, jotta saavutetaan kestäviä tuloksia, eikä vain yhtä projektia palvelevia käytäntöjä ja kustannussäästöjä.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kokonaisarviointi

Tutkimuksen tavoitteena oli kerätä tietoa rakennusprosessin toimitusketjun statustiedoista, oppia statustietojen päivytysprosessi käytännössä sekä selvittää statustyökalun antamat mahdollisuudet ja kehitystarpeet. Tavoitteisiin pääsemiseksi tutkimuksessa suoritettiin kirjallisuustutkimus sekä kerättiin empiiristä tietoa haastattelemalla uuden statustyökalun pilotointiin osallistuneita henkilöitä sekä tekemällä havaintoja ohjelman käytöstä ja pilotointeihin osallistuneiden osapuolten statustietojen päivittämisestä.

Kirjallisuustutkimuksen pääasiallinen tarkoitus oli tuoda esille tietoa statustiedosta rakentamisprosessin toimitusketjussa. Lisäksi kirjallisuustutkimuksessa pyrittiin esittelemään yleisesti toimitusketjun luonnetta, erilaisia keinoja toimitusketjun hallinnan parantamiseksi, tietomallien hyödyntämistä ja Lean -filosofiaa.

Käyttäjäkokemuksia ohjelman pilotoinnista tutkimuksessa kerättiin haastattelujen avulla. Statustietojen päivytysprosessia on vaikea tiivistää yksinkertaiseksi ja lyhyeksi kuvaukseksi, koska se koostuu useista toimenpiteistä eri osapuolilla. Päivytysprosessin toimenpiteet myös vaihtelevat osapuolten välillä. Luvuissa 6.1 ja 6.2 hyödynnettiin haastatteluista saatuja vastauksia eri statustietojen tärkeydestä, päivystoiminnosta sekä toimitusketjun prosesseista. Niiden pohjalta kyseisissä luvuissa luotiin malli toimitusketjun ajantasaisen tilannekuvan luomiseksi. Kyseiset luvut vastaavatkin pitkälti siihen, millainen statustietojen päivytysprosessi käytännössä on.

Haastattelujen avulla pyrittiin selvittämään myös statustyökalun käytöstä saatavat hyödyt toimitusketjun osapuolille. Saadut vastaukset olivat pitkälti samassa linjassa aiempien tutkimuksien kanssa. Tärkeimpiä hyötyjä olivatkin kyky visualisoida toimitusketjun tilanne ja kommunikoinnin paraneminen, mikä puolestaan parantaa toimitusketjun ohjattavuutta. Muita hyötyjä statustyökalun käytöstä olivat toimitusketjun läpinäkyvyyden ja muutostilanteiden hallinnan paraneminen, tiedon jakamisen helpottuminen ja käytännön työn selkeytyminen. Lisäksi statustyökalun käyttö tulee muokkaamaan toimitusketjun osapuolten toimintaa, jonka seurauksena joitakin vanhoja toimenpiteitä jää kokonaan tai osittain tarpeettomiksi. Esimerkiksi työmaalla tarve tilannetietojen kirjaamiseen paperille tulee poistumaan, koska samat tiedot voi statustyökalulla merkitä suoraan pilvipalveluun muidenkin nähtäväksi. Myöskään tasopiirustuksiin tehtäviä statusmerkintöjä ei jatkossa enää tarvita. Tulevaisuudessa kehitystoiminnan tuloksena statustyökalusta voi saada apua myös elementtien tilaukseen ja aikataulun valvontaan. Haastatteluista saadut vastaukset statustyökalun mahdollistamista hyödyistä on vielä koottu listaksi:

- Kommunikoinnin helpottuminen ja paraneminen
 - ohjelmasta näkee suoraan toimitusketjun tilanteen
 - yhteydenpitoa voidaan suorittaa ohjelman kautta
- Toimitusketjun lisääntynyt varmuus ja riskien ennakointi
- Toimitusketjun kokonaistilanteen visualisointi
- Muutostilanteiden hallinnan paraneminen
- Toimitusketjun läpinäkyvyyden paraneminen
- Käytännön työn muuttuminen selkeämmäksi ja standardimaisemmaksi
- Tiedon jakamisen helpottuminen kumppaneiden kesken
- Statustietojen varastointi kootusti yhteen paikkaan
- Joidenkin vanhojen toimenpiteiden jääminen kokonaan tai osittain turhaksi
 - sähköpostien ja puhelinsoittojen tarpeen väheneminen
 - tilannetietojen kirjaaminen paperille työmaalla
 - statusmerkintöjen tekeminen tasopiirustuksiin
 - IFC-mallien lähetys pelkästään statustietojen vuoksi
- Tulevaisuudessa mahdollisesti
 - elementtien tilauksen helpottuminen
 - aikataulun automaattinen valvonta

Statustyökalun mahdollistamissa hyödyissä tärkeää on kuitenkin kiinnittää huomiota siihen tosiasiaan, että näitä hyötyjä on mahdollista saada vain, jos projektin kaikki osapuolet ovat sitoutuneita päivittämään statustietojaan aktiivisesti. Mikäli esimerkiksi projektin kahdesta elementtitoimittajasta toinen ei osallistu statustietojen päivittämiseen, eivät projektin muut osapuolet hyödy juurikaan statustyökalun käytöstä, vaikka itse statustietoja päivittäisivätkin. Statuspäivitysten reaaliaikaisuus on myös tärkeää, koska muuten ohjelmasta ei voi nähdä toimitusketjun todellista tilannetta.

Statustyökalun mahdollistamien hyötyjen lisäksi tässä tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää statustyökalun kehitystarpeet. Kehitystarpeita ilmeni haastatteluissa useita. Ohjelman peruskäyttöä ajatellen ohjelmasta toivottiin nopeampaa ja varmempaa. Elementtitunnuslistan lisäämiselle mobiiliversioon ja elementtitunnusten kopioimiselle oli myös runsaasti tarvetta. Ohjelmaan toivottiin myös ominaisuuksia elementtien tilaukseen, aikataulun valvontaan sekä automatisoinnin hyödyntämiseen. Lisäksi haastateltavilta tuli kehitysehdotuksia parantamaan ohjelman visualisointia ja tilannekuvan muodostamista. Alla on vielä listattuna kaikki haastatteluissa ilmenneet kehitysehdotukset ohjelmaan:

- ohjelmasta tulisi saada nopeampi ja varmempi
- toiminto statusarvon palauttamiseksi statuksettomaan tilaan
- elementtitunnuslistan saaminen myös mobiiliversioon
- valittujen elementtien tunnusten kopioiminen ohjelmasta
- elementtien tilaus ohjelman kautta

- automaattinen tarkastelu statustietojen ja tavoiteaikatietojen välille määrittelemään, onko tavoitteeseen päästy
- automaattiset ilmoitukset varoittamaan mahdollisista viivästyksistä
- aikataulun luominen ohjelman avulla
- tilastointi ympyräkaavion muodossa projektin etenemisestä
- uudenlainen tasopiirustusten kaltainen visuaalinen esitys tilanteesta
- IFC-mallien julkaisu pilvipalveluun Trimble Connectorin kautta
- kansiorakenteen selkeytys helpottamaan mallin julkaisemista oikeaan kansioon
- automatisoinnin hyödyntäminen statustietojen merkitsemisessä
 - tunnistetietojen tai QR-koodien avulla
 - isompien kokonaisuuksien valitsemisella
 - piirustusten lähettämisen yhteydessä

Kokonaisuudessaan tutkimus täytti hyvin sille asetetut tavoitteet. Kirjallisuustutkimuksen avulla saatiin luotua käsitys statustiedosta, erilaisista toimitusketjun hallintaa helpottavista ratkaisuista sekä yleisesti toimitusketjun tekijöistä ja tietomallien hyödyntämisestä. Lisäksi Lean -filosofiaa tutkimalla päästiin tarkastelemaan vielä isompaa kokonaisuutta rakennusprosessin tehostamisesta. Haastatteluista ja havainnoista kerättyjen empiiristen tietojen pohjalta puolestaan pystyttiin muodostamaan käsitys statustietojen päivitysprosessin luonteesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Haastattelujen avulla saatiin myös kerättyä paljon tietoa statustyökalun hyödyistä ja kehitystarpeista. Tutkimuksessa pystyttiin muodostamaan kattavat vastaukset kaikkiin etukäteen asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja siten voidaan todeta, että tutkimuksessa päästiin tavoitteeseen.

7.2 Tulosten merkityksellisyys

Statustieto aihepiirinä on kiinnostava ja ajankohtainen. Tutkimukset kyseisestä aihepiiristä edesauttavat parantamaan toimitusketjun hallintaa. Ymmärtämällä statustietojen päivitysprosessin ja siihen vaikuttavat tekijät, on toimitusketjusta mahdollista saada nykyistä tehokkaampi. Tässä tutkimuksessa onnistuttiin keräämään varsin kattavasti tietoa toimitusketjun perinteisistä prosesseista, tärkeimmistä statustiedoista sekä statustietojen päivitysprosessista. Tiedonvaihto toimitusketjussa ei merkittävästi ole muuttunut tai parantunut pitkään aikaan ja siihen statustyökalu tarjoaa uuden varteenotettavan ratkaisun.

Tässä tutkimuksessa kerättyjen tietojen pohjalta Trimble Connect -ohjelmaa pystytään kehittämään sellaiseen suuntaan, että se palvelee paremmin käyttäjiään. Siten ohjelman käyttö on mahdollista saada tulevaisuudessa yleistymään, koska se tuottaa lisäarvoa käyttäjilleen. Kun ymmärrys statustyökalun luomista mahdollisuuksista kasvaa ja samalla ohjelmaa kehitetään käyttäjien toivomaan suuntaan, tulee statustyökalusta ehdottoman tärkeä apuväline toimitusketjun hallintaan.

7.3 Työn luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta tarkasteltaessa keskeisiä käsitteitä ovat tavallisesti reliabiliteetti ja validiteetti. Reliabiliteetti, eli luotettavuus, koostuu totuusarvon, yleistettävyyden, yhtäpitävyyden ja neutraaliuden osatekijöistä. Näiden tekijöiden arviointikriteerinä toimivat uskottavuus, siirrettävyys, varmuus ja vahvistettavuus (Tynjälä 1991). Reliabiliteetin todentamisessa keskeisenä kysymyksenä pidetäänkin sitä, päästäänkö samoihin tuloksiin, jos tutkimus toistettaisiin. Laadullisessa tutkimuksessa reliabiliteettia enemmän painoarvoa saa usein tutkimuksen validiteetti eli pätevyys. Sillä tarkoitetaan tutkimuksen perusteellisuutta sekä tulosten ja päätelmien oikeellisuutta. Validiteetin arvioinnissa kohdistetaan yleensä huomio kysymykseen, kuinka hyvin tutkimusote ja siinä käytetyt menetelmät vastaavat sitä ilmiötä, jota oli tarkoitus tutkia. Pätevyyden osoittaminen perustuu siihen, että tutkija perustelee ja kuvailee tutkimuksessa esittämänsä ratkaisut selkeästi ja loogisesti. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2009)

Empiiristä tietoa tutkimuksessa kerättiin yhdeksän puolistrukturoidun teemahaastattelun avulla sekä havainnoimalla osapuolten statustyökalun käyttöä ohjelman välityksellä. Projektien osapuolilla oli käytössään eri versioita statustyökalusta, joten yksittäisistä versioista saadut kokemukset olivat tutkimuksessa varsin rajallisia. Suuremman otannan avulla tutkimuksen luotettavuus olisikin kasvanut. Tähän ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta, sillä tutkimuksessa haastateltiin käytännössä kaikkia pilottihankkeissa statustyökalua käyttäneitä henkilöitä. Näidenkin tietojen pohjalta pystyi silti luomaan suhteellisen hyvän käsityksen statustietojen päivitysprosessista sekä statustyökalun luomista mahdollisuuksista ja siihen tarvittavista kehitystarpeista. Mikäli haastatteluja olisi voitu suorittaa enemmän, olisi esiin varmasti vielä noussut joitakin uusia asioita, mutta lopulta samat vastaukset olisivat todennäköisesti ruvenneet toistumaan.

Haastattelujen täsmällinen toistettavuus ei vapaamuotoisten teemahaastattelujen luonteenomaisuudesta johtuen ole täysin mahdollista. Haastattelutilanne on aina yksilöllinen ja teemahaastattelun kulkuun vaikuttaa henkilöiden keskinäinen kanssakäyminen. Vapaamuotoinen haastattelutilanne antaa kuitenkin moniulotteisempia vastauksia kuin esimerkiksi strukturoitu haastattelu. Puolistrukturoidussa teemahaastattelussa oikealla tavalla kantaa ottamalla haastateltavan vastaukseen saadaan keskustelua vietyä huomattavasti pidemmälle. Lisäksi siinä nousevat hyvin esille haastateltavan omat näkemykset, jotka olivat tämän tutkimuksen kannalta erittäin tärkeitä. Siksi haastatteluissa käytetty menetelmä oli tutkijan mielestä selkein ja paras valinta tähän tutkimukseen.

Tutkimuksesta olisi saatu pätevämpi, mikäli statustyökalua olisi todellisuudessa pystytty hyödyntämään statustietojen seuraamiseen pilottihankkeissa. Ohjelman pilotoinnissa pääpaino jäi ohjelman testaukseen ja omien statustietojen merkitsemiseen. Muiden osapuolten statustietoja ei juurikaan päästy seuraamaan tai hyödyntämään. Siksi statustyökalun mahdollistamat hyödyt olivat enemmänkin haastateltavien ammattitaitoon perus-

tuvia arvioita kuin huomioita todellisesta toiminnasta. Haastateltavat olivat kuitenkin alansa ammattilaisia, joten saatuja tuloksia voidaan silti pitää suhteellisen luotettavina.

7.4 Jatkotutkimusehdotukset

Tässä tutkimuksessa muiden osapuolten statustietojen seuraaminen jäi vähäiseksi, eikä siitä saatu juurikaan käytännön kokemuksia. Jatkotutkimus olisikin hyvä suorittaa isosta projektista/projekteista, joissa kaikki tarvittavat osapuolet eli suunnittelijat, elementtitoimittajat ja työmaa käyttäisivät aktiivisesti ja sitoutuneesti statustyökalua. Ennen jatkotutkimuksen suorittamista olisi kuitenkin hyvä, jos statustyökalun kehityksessä huomioitaisiin tässä tutkimuksessa esitetyt tärkeimmät kehitysehdotukset.

Yksi ongelmakohdista statustyökalun käytössä oli riski pienempien elementtitoimittajien valmiudesta ryhtyä päivittämään statustietojaan ERP:stä pilvipalveluun. Jatkotutkimukselle oiva aihe olisikin tutkia elementtitehtaiden valmiutta Trimble Connectin käyttöönottoon ja automaattisen statustietojen jakamistoiminnon luomiseen elementtitoimittajan ERP:stä pilvipalveluun. Jatkotutkimuksessa voitaisiin perehtyä siihen, mitä Trimble Connectin käyttöönotto vaatisi pieneltä elementtitoimittajalta sekä olisiko siihen kiinnostusta ja mahdollisuutta investoida. Lisäksi tutkimuksessa voitaisiin selvittää muutaman pienen elementtitoimittajan ERP:n sisältö, jotta saataisiin käsitys siitä, mitä statustietoja pienten elementtitoimittajien ERP:stä olisi mahdollista jakaa. Kyseisiä tietoja voisi myös verrata tässä tutkimuksessa esitettyihin tuloksiin elementtitoimittajalta vaadittavista statustiedoista.

LÄHTEET

Aro, J. (2013). Automated Exchange of Distributed Status Information of Building Elements, Aalto University, Master's Thesis, 85 p.

Asunto Oy Helsingin Rio -digiesite, Helsingin kaupungin asuntotuotantotoimisto ATT, Verkkosivu, [Viitattu 6.6.2017], Saatavissa:
<http://www.att.hel.fi/sites/default/files/digiesite/omistusasunnot/rio/files/assets/basic-html/page1.html>

Azhar, S., Jackson, A. & Sattineni, A. (2015). Construction apps: a critical review and analysis, Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, Vilnius, Lithuania, pp. 82-88.

Ballard, G. (2008). The Lean Project Delivery System: An Update, Lean Construction Journal 2008, pp. 1-19

Ballard, G., Tommelein, I., Koskela, L., & Howell, G. (2002). Lean construction tools and techniques, Design and Construction: building in value, Elsevier, Oxford, UK, pp. 227-255.

BEC (2012). BEC2012 - Elementtisuunnittelun mallinnusohje, Betoniteollisuus ry, 38 s.

Behera, P., Mohanty, R. P. & Prakash, A. (2015). Understanding construction supply chain management, Production Planning & Control, Vol. 26, No. 16, pp. 1332-1350.

Bertelsen, S. & Koskela, L. (2004). Construction beyond lean: a new understanding of construction management, Proceedings 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-12, Elsinore, Denmark, 11 p.

Bølviken, T., Rooke, J. & Koskela, L. (2014). The wastes of production in construction – A tfv basex taxonomy, Proceedings 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-22, Oslo, Norway, pp. 811-822.

Burton, T. & Boeder, S. (2003). Lean Extended Enterprise: Moving Beyond the Four Walls to Value Stream Excellence, J. Ross Publishing, Inc., Boca Raton, Florida, 271 p.

Cannistraro, J. C. (2012). Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012), SmartMarket Report, McGraw-Hill Construction, Bedford, Massachusetts, 72 p.

- Cheng, J. C., Won, J. & Das, M. (2015). Construction and demolition waste management using BIM technology, Proceedings 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-23, Perth, Australia, 10 p.
- Diekman, J., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T. & Won, S. (2004). Application of lean manufacturing principles to construction, Tech. Rep. 191-11, The University of Texas at Austin, Construction Industry Institute, 325 p.
- Drumbeat Concept, Verkkosivu, [Viitattu 11.4.2017], Saatavissa: <http://www.drumbeat.fi/concept.htm>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 648 p.
- Eriksson, P. E. (2010). Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 15, Iss: 5, pp. 394-403.
- Forbes, L.H. & Ahmed, S.M. (2010). Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices, CRC Press, 526 p.
- Gao, S. & Low, S. P. (2014). Lean Construction Management: The Toyota Way, Springer, Singapore, 390 p.
- Garcia Garcia, J. C., Arditi, D. & Le, K. T. (2014). Construction progress control (CPC) application for smartphone, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 19, pp. 92-103.
- Getuli, V., Ventura, S. M., Capone, P. & Ciribini, A. L. (2016). A BIM-based Construction Supply Chain Framework for Monitoring Progress and Coordination of Site Activities, Procedia Engineering, Vol. 164, pp. 542-549.
- Gibbs, G. R. (2007). Qualitative Research kit: Analyzing qualitative data, SAGE Publications Ltd, London, England, 176 p.
- Hardin, B. & McCool, D. (2015). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, John Wiley & Sons Inc., Indianapolis, Indiana, 404 p.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2001). Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Yliopistopaino, Helsinki, Suomi, 213 s.
- Hobbs, D. (2004). Lean Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer, J. Ross Publishing, Inc., Boca Raton, Florida, 245 p.

Hosseini, S. A. A., Nikakhtar, A., Wong, K. Y. & Zavichi, A. (2012). Implementing Lean Construction Theory to Construction Processes' Waste Management, Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Construction 2011, Kansas City, USA, pp. 414-420.

Howell, G. A. (1999). What is Lean Construction - 1999, Proceedings 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-7, Berkeley, California, 10 p.

IFC introduction, buildingSMART, Verkkosivu, [Viitattu 22.3.2017], Saatavissa: <http://buildingsmart.org/ifc/>

Ikonen, J., Knutas, A., Hämäläinen, H., Ihonen, M., Porras, J. & Kallonen T. (2013). Use of embedded RFID tags in concrete element supply chains, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 18, pp. 119–147.

Jørgensen, B. & Emmitt, S. (2009). Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective, Construction Innovation, Vol. 9, No. 2, pp. 225-240.

Jussila, A., Kiviniemi, M. & Talvitie, U. (2012). Piloting a new information sharing method in a construction supply chain, eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2012, pp. 707-712.

Jylhä, JP. (2012). Tutkimus tietomallien hyödyntämisestä rakennustyömailla, Savonia-ammattikorkeakoulu, Opinnäytetyö, 80 s.

KETJU-raportti (2009). Rakennustyömaan toimitusten ohjaus, Rakennusteollisuus RT ry, VTT, Mittaviiva Oy, 28 s.

KETJU-yhteenvetoraportti (2009). Toimitusketjun hallinta talonrakentamisessa, Rakennusteollisuus RT ry, VTT, Mittaviiva Oy, 41 s.

Kim, C., Park, T., Lim, H. & Kim, H. (2013). On-site construction management using mobile computing technology, Automation in construction, Vol. 35, pp. 415-423.

Kimoto, K., Endo, K., Iwashita, S. & Fujiwara, M. (2005). The application of PDA as mobile computing system on construction management, Automation in Construction, Vol. 14, pp. 500–511.

Koskela, L. (2004). Making do - the eighth category of waste , Proceedings 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-12, Elsinore, Denmark, 10 p.

Koskela, L. & Koskenvesa, A. (2003). Last Planner –tuotannonohjaus rakennustyömaalla, VTT Tiedotteita 2197, VTT, Espoo, 82 s.

Koskela, L., Howell, G., Ballard, G. & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction, *Design and Construction: building in value*, Elsevier, Oxford, UK, pp. 211-226.

Koskenvesa A. (2010). Rakennustyön tuottavuus 1975–2010, Rakentajain kalenteri 2011, Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Helsinki, Suomi, s. 138-146.

Leskinen, S. (2008). Mobile technology in the Finnish construction industry – present problems and future challenges, *Proceedings from 21st Bled eConference eCollaboration: Overcoming Boundaries through Multi-Channel Interaction*, pp. 13–24.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York, 330 p.

Lin, Y.-C., Wang, L.-C. & Lin, P. (2007). Dynamic mobile RFID-based supply chain control and management system in construction, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 21, pp. 377–390.

Macomber, H. & Howell, G. (2004). Two great wastes in organizations, *Proceedings 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-12*, Elsinore, Denmark, 9 p.

Matthews, J., Love, P. E., Heinemann, S., Chandler, R., Rumsey, C. & Olatunj, O. (2015). Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction, *Automation in Construction*, Vol. 58, pp. 38-47.

Merikallio L. & Haapasalo H. (2009). Projektintuotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla, *Rakennusteollisuus RT*, Helsinki, 43 s.

Microsoft HoloLens, Microsoft Corporation, Verkkosivu, [Viitattu 16.1.2017], Saatavissa: <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>

Nissilä, J. (2013). Development of the BIM-based supply chain management of precast concrete elements, University of Oulu, Master's thesis, 79 p.

O'Brien, W. J., Formoso, C. T., Ruben, V., & London, K. A. (2009). *Construction supply chain management handbook*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 508 p.

Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System Beyond Large Scale Production*, Productivity Press, Portland, Oregon, 176 p.

Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S. (2006). Tuotemallintaminen rakennushankkeessa - Yleiset periaatteet, *Rakennusteollisuus RT ry*, Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy, Helsinki, 64 s.

Pänkäläinen, T. (2016). Virtuaalitodellisuus – rakentaminen, arkkitehtuuri ja suunnittelu, Virtuaalitodellisuus Suomessa, Verkkosivu, [Viitattu 22.3.2017], Saatavissa: <http://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus-rakentaminen-arkkitehtuuri-suunnittelu/>

RIB Software SE Site Management with iTWO, RIB Software SE, Verkkosivu, [Viitattu 14.6.2017], Saatavissa: <http://www.rib-software.com.au/itwo-site-management/>

RIB Software SE Y TWO Formative, RIB Software SE, Verkkosivu, [Viitattu 14.6.2017], Saatavissa: <https://www.rib-software.dk/ytwo-formative/>

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV kvalitatiivisten menetelmien verkko-oppikirja, Toinen vedos, Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, 167 s., [Viitattu 20.6.2017], Saatavissa: http://www.fsd.uta.fi/fi/julkaisut/motv_pdf/KvaliMOTV.pdf

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. & Minkarah, I. (2006). Lean construction: from theory to implementation, Journal of Management in Engineering, Vol. 22, No. 4, pp. 168-75.

Shi, Q., Ding, X., Zuo, J. & Zillante, G. (2016). Mobile Internet based construction supply chain management: A critical review, Automation in Construction, Vol. 72, Part 2, pp. 143-154.

Shin, T. H., Chin, S., Yoon, S. W. & Kwon, S. W. (2011). A service-oriented integrated information framework for RFID/WSN-based intelligent construction supply chain management, Automation in Construction, Vol. 20, No. 6, pp. 706-715.

Skanska Asunto Oy Espoon Calibri Ennakkomarkkinointiesite, Skanska Talonrakennus Oy, Verkkosivu, [Viitattu 5.12.2016], Saatavissa: http://kodit.skanska.fi/siteassets/kohteet/espoon-calibri/liitteet/calibri_ennakkomarkkinointiesite.pdf

Skanska rakentaa Avaralle asuntoja Tampereen Härmälänrantaan (2017). Rakennuslehti digilehti, [Viitattu 28.2.2017], Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/2017/01/skanska-rakentaa-avaralle-asuntoja-tampereen-harmalanrantaan/>

Styhre, A., Josephson, P.-E. & Knauseder, I. (2004). Learning capabilities in organizational networks: case studies of six construction projects, , Construction Management and Economics, Vol. 22, No. 9, pp. 957-966.

Tompuri, V. (2015). Iso Omena laajenee ja ehostuu, Rakennustaito digilehti, [Viitattu 22.11.2016], Saatavissa: <http://rakennustaito.fi/digilehti/062015/taydennysrakentaminen-4>

Trimble Solutions Corporation Tekla Structures 2016, Trimble Solutions Corporation, Verkkosivu, [Viitattu 7.12.2016], Saatavissa: <https://www.tekla.com/tekla-structures-2016/>

Tynjälä, P. (1991). Kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien luotettavuudesta, Kasvatus: Suomen kasvatustieteellinen aikakauskirja, 22(5-6), s. 387-398.

Törmä, S., Backman, J., Kiviniemi, M., Aro, J. & Nissilä, J. (2014). Three methods for exchanging status information of building elements, eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2014, pp. 173-180.

Ustundag, A. (2014). The Value of RFID, Benefits vs. Costs, Springer-Verlag, London, 174 p.

Wagner, B. & Monk, E. (2009). Enterprise resource planning, Cengage Learning, Boston, Massachusetts, 245 p.

Winch, G. M. (2006). Towards a theory of construction as production by projects, Building Research & Information, Vol. 34, No. 2, pp. 164-174.

Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. (1990). The Machine That Changed The World, Harper Perennial, New York, 336 p.

Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and updated, Free Press, 400 p.

Wu, L., Yue, X., Jin, A. & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: a review and implications for future research, The International Journal of Logistics Management, Vol. 27, No. 2, pp. 395-417.

Young, D. A., Haas, C. T., Goodrum, P. & Caldas, C. (2011). Improving construction supply network visibility by using automated materials locating and tracking technology, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 137, No. 11, pp. 976-984.

YTV (2012a). RT 10-11066 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1. Yleinen osuus, Rakennustieto Oy, 12 s.

YTV (2012b). RT 10-11078 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, Rakennustieto Oy, 9 s.

LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET SUUNNITTELIJOILLE JA TYÖMAILLE

Ohjelman käyttäminen

- Mitä versiota/versioita ohjelmasta on käytetty?
- Miten ohjelman käyttöönotto sujui?
- Saitteko tarpeeksi opastusta ohjelman käyttöön?
- Oliko tarvittaessa myöhemmin tarjolla tukea ohjelman käyttöön tai teknisten ongelmien ratkaisuun?
- Tarvittiinko tätä käytönaikaista tukea ja jos tarvittiin niin mihin?
- Mitä teknisiä ongelmia on havaittu?

Statustietojen päivitys

- Miten päivittäminen on käytännössä tapahtunut?
- Kuka statustietojen päivittämisestä on vastannut?
- Kuinka usein ja säännöllisesti statustietoja on päivitetty?
- Kauanko statustietojen päivittäminen on kerrallaan vienyt?
- Mitä ongelmakohtia on ollut statuspäivitysten tekemisessä?
- Miten elementtien vastaanotossa on toteutettu statustietojen merkitseminen?
- Onko työmaalle saapunut viallisia elementtejä ja miten niiden kanssa on toimittu statusten osalta?

Statustietojen seuraaminen

- Kuka/ketkä ovat teidän omasta organisaatiosta seuranneet omia ja muiden statustietoja?
- Kuinka usein ja säännöllisesti statustietoja on seurattu?
- Miten seurantaa voisi ja pitäisi helpottaa?
- Mitä ongelmakohtia on ollut statustietojen seuraamisessa ja yleisesti elementtien toimitusketjuun liittyvissä toiminnoissa?
- Onko statustiedoissa havaittu virheitä?
- Ovatko statusarvot selkeät ja helpot ymmärtää?
- Mitä muita statuksia tarvittaisiin?
- Millainen statustyökalu on ollut käytettävyydeltään?
- Miten käytettävyyttä voisi parantaa?
- Onko ohjelma toiminut halutulla tavalla ja mitä ongelmia on havaittu?
- Onko usean statustoiminnon visualisointiin tarkoitettua toimintoa käytetty ja millaiseksi se on koettu?
- Millainen statustapahtumien aikajanatoiminto on käytettävyydeltään?

Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus

- Miten muiden osapuolten statustietoja on hyödynnetty omassa toiminnassa?
- Kuinka toteumaa on verrattu tavoiteaikatietoihin?
- Mitä ideoita on siihen miten tämän pitäisi toimia järjestelmässä?
- Miten elementtitoimituksia on ennen ohjattu ja valvottu, ja mitä hyötyä/haittaa Status Sharing -työkalusta on siihen verrattuna?
- Miten kohteessa on tehty runkovaiheessa
 - aikataulun toteuman valvontaa
 - viikkosuunnitelman valvontaa
 - tehtäväsuunnitelman valvontaa
 - muuta valvontaa, jossa on tehty tuotannonsuunnittelua elementtiasennukseen liittyen ja kirjattu mahdollisesti toteumia?
- Onko vanhoja toimenpiteitä jäänyt tarpeettomaksi statustyökalun käytön myötä?

Hyödyt

- Mitä hyötyjä ohjelman käytöstä on havaittu?
- Miten yhteydenpito toimitusketjun osapuolten välillä on muuttunut?
- Miten järjestelmää voisi kehittää, että yhteydenpito toimisi vielä paremmin?
- Minkä muiden osapuolten pitää käyttää järjestelmää, jotta sen käyttö olisi työmaan kannalta järkevää?
- Onko toimitusketjun hallittavuus parantunut?
- Pystytäänkö riskejä ennakoimaan paremmin?
- Onko ohjelman käytöstä hyötyä visualisoinnissa?
- Onko statustietojen avulla ollut mahdollista hahmottaa toimitusketjun tilannekuva?

Tulevaisuus

- Koetteko ohjelman hyödylliseksi ja tarpeelliseksi käyttää tulevaisuudessa?
- Miten statustietojen päivittämiseen, seuraamiseen ja hyödyntämiseen liittyviä prosesseja olisi mahdollista tehostaa?
- Tulisiko ohjelman käyttöön luoda yhteisiä toimintatapoja esimerkiksi väreihin tai statusmerkintöihin?
- Minkä tyyppisiin ja kokoisiin hankkeisiin työkalu soveltuu?
- Mihin muihin tuoteryhmiin työkalu soveltuu?
- Kuinka statustyökalua voitaisiin parantaa ja pitäisikö sen sisältää muita toimintoja?

LIITE 2: HAASTATTELUKYSYMYKSET ELEMENTTITOIMITTAJALLE

ERP-linkin luominen

- Miten ERP-linkki toteutettiin?
- Millaista ammattitaitoa sen luomiseen tarvitsi?
- Kuinka paljon työtä toteutus vaati?
- Edellyttikö toteutus yhteistyötä Trimblen kanssa?
- Ohjeistettiin ERP-linkin luomisessa ottamaan yhteyttä johonkin tiettyyn henkilöön Trimbleltä mahdollisten ongelmien yhteydessä?
- Kuinka kallis toimenpide linkin luominen oli kustannuksiltaan?
- Onko linkki toiminut luotettavasti?
- Miten voidaan varmistua siitä, että statustiedot todellisuudessa päivittyvät järjestelmään?
- Kuinka usein statustiedot ERP:stä päivittyivät?
- Mitä haasteita on ollut ERP-linkin luomisessa ja statuspäivitysten tekemisessä?
- Mitä teknisiä ongelmia on havaittu?

Omat statuspäivitykset

- Mitä tarkoittavat elementtien valmistusta kuvaavat statusarvot Valmius, Sitouduttu ja Valmis?
- Mitä muuta sisältöä elementtitoimittaja voisi tarvittaessa jakaa ERP:stä pilvipalveluun?
- Onko mahdollista projektikohtaisesti helposti muuttaa sitä, mitä tietoja ERP:stä jaetaan, vai onko ERP-linkki toteutettu siten, että jaettava tieto on kaikissa projekteissa sama?
- Ovatko statusarvot selkeät ja helpot ymmärtää?

Statustietojen seuraaminen

- Kuka on se henkilö elementtitehtaalla, joka on kiinnostunut muiden osapuolten statustiedoista?
- Mitkä muiden osapuolten statustiedot elementtitoimittajaa kiinnostavat?
- Mikä niissä kiinnostaa eli miten niitä voidaan käyttää hyväksi omassa toiminnassa?
- Kuinka usein statustietojen seuraamiselle todennäköisesti olisi tarvetta?

Tulevaisuus

- Mitä hyötyjä ohjelman käytöstä voi saada?
- Mitä statustyökalu voi mahdollistaa verrattuna vanhaan tapaan toimia?
- Voiko jotain vanhoja toimenpiteitä jäädä tarpeettomaksi statustyökalun käytön myötä?
- Olisiko se mahdollista tehtaan kannalta, että elementit tilattaisiin tulevaisuudessa statustyökalun avulla?
- Edellyttäisikö se jotain uusia toimenpiteitä tehtaalta?
- Tulisiko ohjelman käyttöön luoda yhteisiä toimintatapoja esimerkiksi väreihin tai statusmerkintöihin?
- Koetteko ohjelman hyödylliseksi ja tarpeelliseksi käyttää tulevaisuudessa?